



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

LIIKUNTATEKNOLOGIAN TURVALLISUUS

Diplomityö, Eeva Nurmi

Tarkastaja: prof. Jouni Kivistö-
Rahnasto

Tarkastaja ja aihe hyväksytty Tek-
nisten tieteiden tiedekuntaneuvos-
ton kokouksessa 4. toukokuuta
2016

TIIVISTELMÄ

EEVA NURMI: LIIKUNTATEKNOLOGIAN TURVALLISUUS

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 61 sivua, 13 liitesivua

Toukokuu 2016

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Turvallisuustekniikka

Tarkastaja: professori Jouni Kivistö-Rahnasto

Avainsanat: liikuntateknologia, turvallisuus, tasapainomittaus, voimamittaus, sähköstimulaatio, sauvamittaukset, suksimittaukset

Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen Vuokatin liikuntateknologian yksiköllä on useita liikuntateknologiaan liittyviä testaus- ja mittauslaitteita. Tähän työhön valikoituivat seuraavat liikuntateknologian laitteet: tasapainomittauksiin käytettävä liikkuva voimalevy, voimamittauksiin käytettävät kolme voimapenkkiä, sähköstimulaattori, suksen liikutuslaite sekä sauvan mittaukseen käytettävä sauvamittauslaite. Laitteilla testataan ihmisiä ja välineitä. Tässä työssä selvitetään näiden liikuntateknologian laitteiden turvallisuus.

Liikuntateknologian laitteiden turvallisuutta selvitettiin alustavalla vaara-analyysillä. Ensin tunnistettiin laitteiden ja niiden käytön aiheuttamat vaarat ja onnettomuusmahdollisuudet. Sen jälkeen selvitettiin yksikön nykyinen varautuminen kyseisiin riskeihin sekä arvioitiin kunkin riskin hyväksyttävyys. Riskeille, jotka eivät olleet nykyisten turvallisuustoimien jälkeen hyväksyttävällä tasolla, kehitettiin parannusehdotuksia riskien saamiseksi hyväksyttävälle tasolle.

Työn aikana saatiin selville työhön kuuluvien liikuntateknologian laitteiden turvallisuusriskit. Riskejä kohdistuu sekä testaajaan että testattavaan ja mahdolliseen yleisöön. Suurimpia riskejä ovat tasapainotesteissä kaatuminen tai horjahtaminen, turvavaljaiden kattokiinnitys, äkillinen komplikaatio, jalkavoimapenkin kelkan alle puristuminen, väärän alueen tai riskihenkilön stimuloiminen, melu, suksen liikutuslaitteen ladulle meneminen tai kurkottelu sekä sauvamittauksessa lentävät sauvan palat ja sauvat. Merkittävimpiä turvallisuuden parannusehdotuksia ovat väljempi tila tasapainotesteihin, lujempi kattokiinnitys turvavaljaisiin, defibrillaattorin hankkiminen, jalkavoimapenkkiin esteiden lisääminen, varoituskyltti sähköstimulaattoriin tai sen säilytyslaatikkoon, kuulosuojaimien hankkiminen, lisäsivutukien tai metalliverkon lisääminen suksen liikutuslaitteeseen sekä avattavan metallisen suojaverkon rakentaminen sauvamittauslaitteen ympärille.

ABSTRACT

EEVA NURMI: SAFETY ISSUES FOR SPORT TECHNOLOGY

Tampere University of Technology

Master's thesis, 61 pages, 13 Appendix pages

May 2016

Master's Degree Programme in Machine Engineering

Major: Safety Engineering

Examiner: Professor Jouni Kivistö-Rahnasto

Keywords: sport technology, safety, balance measurements, strength measurements, electrical stimulation, pole measurements, ski measurements

Jyväskylä University has a sport technology unit in Vuokatti. They have many sport technology devices there. They use these devices for testing people and equipment. Sport technology devices in this study are moving forceplate for balance testing, three strength benches for strength testing, electrical stimulator, skitesting machine and pole-testing machine. This work shows how safety is handled in these devices.

Results in this work are based on Preliminary Hazard Analysis. First dangerous and accidents of sport technology devices are analysed. Then the work find out current safety operations. After that the work tells us are these safety issues good enough. If risks are not at acceptable level it is given examples how to enhance safety.

The work found out that there are safety risks in sport technology devices. Both the worker and the customer and possible audience are under treath during test situation. Major risks are falling down during balance testing, roof fastening for safety harness, complication risk, crushing under the leg strength test machine, stimulating wrong part of body or risk person, noice, crushing with the ski testing machine and flying parts of the poles in pole testing. The most important safety improvements includes more space for balance testing, better roof fastening for safety harness, buying a defibrillator, putting extra obstacles to leg strength test machine, safety instructions to stimulator, buying hearing protection equipment and more safety structures to skitesting machine and pole-testing machine.

ALKUSANAT

Diplomityö tehtiin Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen Vuokatin liikuntateknologian yksikölle. Työn kohteena oli liikuntateknologian yksikön Vuokatin Snowpoliksessa olevia liikuntateknologian laitteita. Kiitokset yhteistyöstä työn tekemisessä Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen professorille ja Vuokatin yksikön johtajalle Vesa Linnamolle, Vuokatin yksikön henkilökunnalle sekä Tampereen teknillisen yliopiston turvallisuustekniikan professorille Jouni Kivistö-Rahnastolle.

Vuokatissa, 18.05.2016

Eeva Nurmi

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	TAUSTA.....	3
2.1	Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi	4
2.2	Tuotteen elinkaaren aikainen turvallisuus.....	7
2.3	Maksimivoimatestit, tasapainotestit ja turvallinen testaus.....	7
2.4	EMG ja sähköstimulaatio.....	9
2.5	Paineilma.....	11
3.	AINEISTO JA MENETELMÄT	14
3.1	Työn kohde	14
3.2	Työn suoritus ja työvaiheet	19
4.	TULOKSET.....	21
4.1	Tasapainomittaukset	21
4.1.1	Vaarojen tunnistaminen	21
4.1.2	Tunnistettujen vaarojen riskiluokat	21
4.1.3	Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys.....	22
4.1.4	Turvallisuuden kehittäminen	24
4.2	Voimamittaukset	25
4.2.1	Vaarojen tunnistaminen	25
4.2.2	Tunnistettujen vaarojen riskiluokat	26
4.2.3	Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys.....	26
4.2.4	Turvallisuuden kehittäminen	27
4.3	Sähköstimulaatio.....	28
4.3.1	Vaarojen tunnistaminen	28
4.3.2	Tunnistettujen vaarojen riskiluokat	28
4.3.3	Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys.....	29
4.3.4	Turvallisuuden kehittäminen	30
4.4	Suksen liikutuslaite	31
4.4.1	Vaarojen tunnistaminen	31
4.4.2	Tunnistettujen vaarojen riskiluokat	31
4.4.3	Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys.....	32
4.4.4	Turvallisuuden kehittäminen	33
4.5	Sauvamittaukset	34
4.5.1	Vaarojen tunnistaminen	34
4.5.2	Tunnistettujen vaarojen riskiluokat	34
4.5.3	Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys.....	35
4.5.4	Turvallisuuden kehittäminen	36
4.6	Laitteiden vaarallisuuden vertailu	36
5.	TULOSTEN TARKASTELU.....	39
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET	42

LÄHTEET.....	44
--------------	----

LIITE A: LUJUUSLASKUJA

LIITE B: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI TASAPAINOMITTAUKSET

LIITE C: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI VOIMAMITTAUKSET

LIITE D: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI SÄHKÖSTIMULAATIO

LIITE E: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI SUKSEN LIIKUTUSLAITE

LIITE F: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI SAUVAMITTAUKSET

1. JOHDANTO

Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen liikuntateknologian yksikkö Vuokatin Snowpoliksessa tutkii, miten liikuntateknologiaa voidaan soveltaa liikunnan, urheilun, terveyden ja hyvinvoinnin hyväksi. Tutkimuksen kohteena ovat erilaiset mittausvälineet, -menetelmät ja -konseptit sekä niiden sovellukset urheiluun, erityisesti talviurheiluun. Liikuntateknologian laitteilla mitataan sekä ihmisiä että välineitä.

Liikuntateknologian laitteiden turvallisuuden selvittäminen on tärkeää, jotta voidaan taata laitteiden käyttäjille turvallinen työympäristö sekä testattavalle ihmiselle turvallinen testitapahtuma. Liikuntateknologian yksikön laitteiden turvallinen suunnittelu, hankinta, käyttö ja kunnossapito ovat yksikön laboratorioinsinöörien vastuulla. Liikuntateknologian laitteiden ja niiden turvallisen käytön takaamiseksi yksikkö on pyrkinyt ottamaan turvallisuuden huomioon toiminnassaan. Esimerkiksi ennen testin alkamista testattavalle tehdään riskikartoitus. Lisäksi yksiköllä on turvavaljaat, turvavöitä ja ensiapuvälineitä parantamassa turvallisuutta. Laitteiden ja niiden käytön aiheuttamia turvallisuusriskejä ei ole kuitenkaan aiemmin perusteellisesti selvitetty.

Jyväskylän yliopiston liikuntateknologian yksikkö on vastuussa liikuntateknologian laitteidensa turvallisuudesta. Tähän mennessä yksikkö ei ole järjestelmällisesti tutkinut laitteiden turvallisuutta niiden suunnittelussa, hankinnassa, käytössä ja kunnossapidossa. Nykyisen turvallisuustilanteen selvittämiseksi liikuntateknologian yksiköllä on tarve selvittää liikuntateknologian laitteisiin ja niiden käyttöön sekä kunnossapitoon liittyvät riskit.

Liikuntateknologian laitteiden turvallisuuden selvittämiseksi ja parantamiseksi on olemassa useita keinoja. Laitteisiin liittyviin lakeihin, standardeihin ja direktiiveihin tutustumalla saadaan tietoa turvallisuusvaatimuksista. Lisäksi laitteiden käyttöä tarkkailemalla saadaan selville turvallisuuspuutteita. Laitteiden turvallisuutta voidaan parantaa muun muassa poistamalla havaittuja vaaroja, lisäämällä suojia ja suojavälineitä sekä huolehtimalla säännöllisestä huollosta ja kunnossapidosta. Tässä työssä tunnistetaan työhön kuuluvien liikuntateknologian laitteiden käyttöön liittyvät riskit sekä arvioidaan niiden hyväksyttävyyttä. Lisäksi työssä esitetään keinoja laitteiden turvallisuuden parantamiseksi.

Työn tavoitteena on

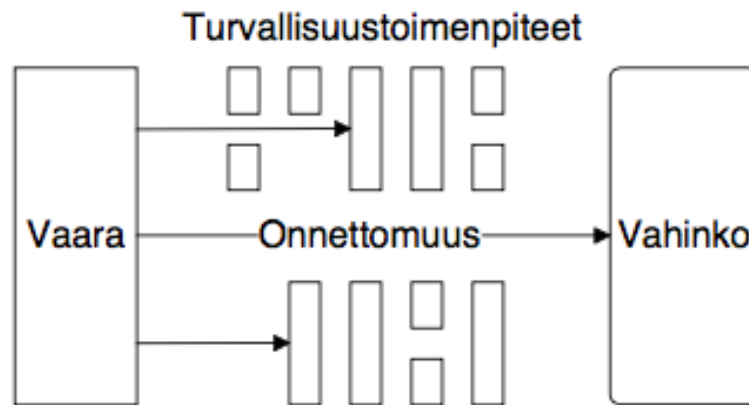
- tunnistaa tähän työhön kuuluvien liikuntateknologian laitteiden (tasapainomittaus, voimamittaus, sähköstimulaatio, suksen liikutus ja sauvamittaus) käyttöön liittyvät vaarat sekä onnettomuuksien mahdollisuudet.
- arvioida vaarojen aiheuttamien riskien hyväksyttävyys sekä olemassa olevien turvallisuustoimenpiteiden riittävyys.
- esittää keinoja kyseisten laitteiden turvallisuuden kehittämiseksi, niin että laitteiden turvallisuutta voidaan pitää hyväksyttävänä.

Työ on rajattu tasapainomittauksen, voimamittauksen, sähköstimulaation, suksen liikutuslaitteen sekä sauvamittauksen turvallisuuden selvittämiseen. Työssä tarkastellaan näiden laitteiden turvallisuutta sekä testien aikaista turvallisuutta laitteen käyttäjän sekä testattavan kannalta. Työssä ei tarkastella kiinteistön/tilojen yleistä turvallisuutta, kuten esimerkiksi palo- tai rikosturvallisuutta.

Johdannossa esitetään työn tausta, tavoitteet, rajaukset ja sisältö. Luvussa kaksi on yleistä taustaa työhön liittyen. Siinä kerrotaan riskien arvioimisesta sekä liikuntateknologian laitteiden turvallisuusvaatimuksista. Luvussa kolme esitellään työn kohteena olevat liikuntateknologian laitteet. Lisäksi siinä kuvataan työn suoritus ja työvaiheet. Luvussa neljä kerrotaan työn tulokset. Tuloksissa kerrotaan työssä mukana olevien liikuntateknologian laitteiden vaarat, selvitetään niiden nykyinen turvallisuus sekä esitetään keinoja laitteiden turvallisuuden parantamiseksi. Luvussa viisi tarkastellaan työn tuloksia. Työn johtopäätökset esitellään luvussa kuusi.

2. TAUSTA

Tuotteessa/laitteessa olevat mahdolliset vahingon aiheuttajat ovat tuotteen vaaratekijöitä. Vaaratekijät voivat aiheuttaa vahinkoa ihmisille, jolloin vahingot ovat muun muassa vammoja ja sairauksia. Vaaratekijät voivat myös vahingoittaa omaisuutta, rakenteita tai ympäristöä. Vahinkoa aiheuttava suunnittelematon tapahtumien ketju on onnettomuus. Kuten kuvasta 1 näkyy, oikeilla ja riittävillä turvallisuustoimenpiteillä voidaan estää onnettomuuksien eteneminen vahingoiksi. (Kivistö-Rahnasto et al. 2000; SFS-IEC 60300-3-9) Turvallisuustoimenpiteitä on oltava riittävä määrä, jotta vahingoilta vältytään.



Kuva 1 Turvatoimet pyrkivät estämään vahingon sattumisen (Kivistö-Rahnasto et al. 2000)

Tuotetta/laitetta pidetään turvallisena, kun sen aiheuttamat riskit on arvioitu hyväksyttäviksi. Turvallinen tuote toimii niin, että se ei aiheuta terveydellistä haittaa tai vammoja ihmisille eikä se vahingoita ympäristöä tai omaisuutta. Tuotteiden ja laitteiden riskejä arvioidaan turvallisuus- ja luotettavuusanalyysillä. Riskien arviointi on joko kvalitatiivista eli laadullista tai kvantitatiivista eli määrällistä. Määrällinen riskien arviointi vaatii numeerisia tunnuslukuja, esimerkiksi rahasummien tietämistä, riskien arvioimiseksi. (Kivistö-Rahnasto et al. 2000; SFS-IEC 60300-3-9)

Tuotteen turvallisuutta analysoitaessa on suositeltavaa tutustua tuotteeseen liittyviin standardeihin, lakeihin, asetuksiin ja määräyksiin. Näissä julkaisuissa käsitellään vaaroja sekä turvallisuustoimenpiteitä, jotka tuotteen pitää täyttää. Lisäksi vastaavanlaisia tuotteita kuin analysoitava tuote, tutkimalla voi löytää vaaroja ja turvallisuustoimenpiteitä, jotka sopivat analysoitavaankin tuotteeseen. Turvallisuusanalyysillä pyritään tunnistamaan loput tuotteeseen liittyvät vaarat. (Kivistö-Rahnasto et al. 2000)

Tuotteen tulee täyttää lakien, standardien ja asetusten määräämät vaatimukset. Näiden vaatimusten lisäksi tuotteesta on tehtävä riittävän turvallinen. Tuotteesta voidaan tehdä turvallinen monella eri tavalla. Paras vaihtoehto on poistaa tuotteesta oleva vaara, jos se vain on mahdollista. Aina vaaraa ei kuitenkaan voida poistaa, jolloin vaaran aiheuttamia vahinkojen seurauksia pyritään pienentämään ja/tai laskemaan vaaran tapahtumistajuutta. Tuotteesta saadaan turvallisempi suunnittelemalla siihen asianmukaisia suojuksia sekä turvalaitteita. On tärkeää myös varoittaa käyttäjiä laitteessa olevista vaaroista, jolloin käyttäjä osaa huomioda ne käyttäessään tuotetta. (Kivistö-Rahnasto et al. 2000; SFS-EN ISO 12100; SFS-ISO 31000)

2.1 Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi

SFS-EN 31010 Riskien hallinta. Riskien arviointimenetelmät-, SFS-ISO 31000 Riskienhallinta. Periaatteet ja ohjeet-, SFS-IEC 60300-3-9 Luotettavuusjohtaminen osa 3: Käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi- ja SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen - standardi käsittelevät riskienhallintaa ja riskien arvioimista. (SFS-IEC 60300-3-9; SFS-EN ISO 12100; SFS-ISO 31000; SFS-EN 31010) Standardeissa on määritelty seuraavat käsitteet:

Vahinko: fyysinen vamma, terveyshaitta tai omaisuus- tai ympäristövahinko.

Vaara: mahdollinen vahingon lähde tai vahingon mahdollistava tilanne.

Vaarallinen tapahtuma: tapahtuma, joka voi aiheuttaa vahingon.

Seuraus: tapahtuman tulos.

Riski: tietyn vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyyden tai -taajuuden ja seurausten yhdistelmä.

Riskin tunnistaminen: riskin havaitseminen ja kuvaus.

Riskin suuruuden arviointi: prosessi, jolla mitataan analysoitavan riskin taso taajuuden/todennäköisyyden ja seurausten perusteella.

Riskin merkityksen arviointi: prosessi, jossa päätetään riskin siedettävyydestä riskianalyysin perusteella.

Riskianalyysi: prosessi, jolla pyritään ymmärtämään riskin luonne ja määrittämään riskitaso seurausten ja todennäköisyyden perusteella.

Riskin arviointi: prosessi, joka sisältää riskien tunnistamisen, riskianalyysin ja riskin merkityksen arvioinnin.

Riskiarvion tavoitteena on selvittää toimenpiteet, joilla saadaan parannettua turvallisuutta, ennaltaehkäistyä vahinkoja ja minimoitua vahinkokustannuksia. Riskien arvioinnin ensimmäinen tehtävä on vaaratekijöiden tunnistaminen. Vaaratekijät ovat laitteessa tai työssä esiintyviä vaaroja tai haittoja, jotka kohdistuvat ihmisen terveyteen ja turvallisuuteen. Vaara aiheuttaa tapahtuman, joka on riski. Vaara voi olla esimerkiksi liukas lattia. Liukkaasta lattiasta puolestaan aiheutuu kaatumisriski. Kun vaaratekijät on löydetty, määritetään vaaratekijän aiheuttaman riskin suuruus. Riskin suuruus määritetään riskin seurausten vakavuuden ja riskin todennäköisyyden avulla. Riskin suuruuden määrittämiseen käytetään riskimatriisia. Riskimatriisilla saadaan kätevästi arvioitua, mille riskitasolle mikäkin riski asettuu. Matriisin käyttö helpottaa suurimpien riskien havaitsemista. Tässä työssä käytetty riskimatriisi on kuvassa 2. (Zhao et al. 2009; SFS-ISO 31000; SRHY 2012; SFS-EN 31010; Lu et al. 2014; TKK 2015)

Todennäköisyys	Seuraukset		
	Vähäiset (1)	Haitalliset (2)	Vakavat (3)
Epätodennäköinen (1)	1. Merkityksetön riski (2)	2. Vähäinen riski (3)	3. Kohtalainen riski (4)
Mahdollinen (2)	2. Vähäinen riski (3)	3. Kohtalainen riski (4)	4. Merkittävä riski (5)
Todennäköinen (3)	3. Kohtalainen riski (4)	4. Merkittävä riski (5)	5. Sietämätön riski (6)

Kuva 2 Riskin suuruuden määrittäminen (mukaillen Kivistö-Rahnasto et al. 2000, SRHY 2012 ja TKK 2015 taulukkoja)

Seurausten vakavuus kasvaa, kun seuraus kohdistuu ihmisen terveyteen ja/tai turvallisuuteen. Lisäksi vakavuuteen vaikuttaa seurausten laajuus, luonne sekä haitan palautuvuus. Jos seuraus koskee useampaa ihmistä, se on vakavampi kuin yhteen ihmiseen kohdistuva seuraus. Seurauksen luonne vaihtelee lievästä vakavaan ja haitan palautuvuus palautuvasta palautumattomaan haittaan. Vähäisiä seurauksia ovat muun muassa ohi menevä sairastelu tai pienet ulkoiset vammat, kuten pienet haavat. Haitallisia seurauksia ovat esimerkiksi repeämät, pahat nyrjähdykset ja revähdykset, lujat iskut, pienet murtumat sekä sairaudet, jotka aiheuttavat pysyvän vamman. Vakavia seurauksia ovat kuolema, amputaatio, suuri murtuma ja vakava elinikää lyhentävä sairaus. Todennäköisyyteen puolestaan vaikuttavat haitan esiintymistiheys, kesto, ennakoinnin mahdollisuus sekä haitan ehkäisemisen mahdollisuus. Riskin todennäköisyys ja seuraukset arvioidaan numerolla 1-3. Numeron kasvaessa riskin todennäköisyys/seuraukset ovat korkeammat. Todennäköisyyden ja seurausten summana riski saadaan luokiteltua. Luokittelu on nähtävissä kuvassa 2. Riskin suuruuden määrittämisen jälkeen voidaan arvioida riskin mer-

kittävyys. Riski on hyväksyttävällä tasolla, jos riski on suuruudeltaan 2-3. Jos riski on 4-6, se vaatii toimenpiteitä riskin poistamiseksi tai pienentämiseksi siedettävälle tasolle. (Kivistö-Rahnasto et al. 2000; SFS-IEC 60300-3-9; TKK 2015)

Riskin pienentämiseksi ei tarvita uusia turvallisuustoimenpiteitä, jos tunnistettu riski on suuruudeltaan 2 eli merkityksetön. Jos riski on suuruudeltaan 3 eli vähäinen, riskin pienentämiseksi ei vaadita pakollisia lisätoimia. Halutessaan kyseisen riskin pienentämiseksi voidaan tehdä kustannustehokkaita parannuksia. Jos riski on 4 eli kohtalainen, riskiä täytyy pienentää turvallisuustoimin. Jos riskin suuruudeksi saadaan 5 eli merkittävä, tuotteen/järjestelmän käyttöä ei saa aloittaa/jatkaa ennen kuin riski on pienennetty hyväksyttävälle tasolle. Merkittävän riskin pienentäminen voi vaatia huomattaviakin resursseja, esimerkiksi rahaa ja/tai muutostöitä. Pahin riski saa arvokseen 6, joka tarkoittaa sietämätöntä riskiä. Sietämättömän riskin löydyttyä tuotteen/järjestelmän käyttö on lopetettava heti. Tuotteen/järjestelmän käytön saa aloittaa vasta, kun riski on pienennetty hyväksyttäväksi. Joskus tällaisen riskin poistaminen ei onnistu edes rajattomilla resursseilla. (Kivistö-Rahnasto et al. 2000)

Riskimatriisin käyttöä suositellaan useissa standardeissa. Se on suosittu ja yleisesti käytetty työkalu riskien arvioinnissa. Riskimatriisi on yksinkertainen menetelmä, jonka tavoitteena on järjestää riskit tärkeysjärjestykseen. Riskimatriiseista on kuitenkin tehty myös tutkimuksia, joiden mukaan matriisien käyttäminen voi antaa virheellisiä tuloksia. Riskien suuruusjärjestykseen laittaminen on haastavaa. Riskiluokitusten määrittäminen voi olla hankalaa ja epä johdonmukaista, koska eri ihmiset voivat määrittää riskin seurauksia ja todennäköisyyttä eri tavalla. Riskimatriisin perusteella samaan riskiluokkaan voi päätyä täysin erilaiset riskit. Esimerkiksi riskin seuraus voi olla suuri ja todennäköisyys pieni tai riskin seuraus voi olla pieni ja todennäköisyys suuri. Silti riskit ovat riskimatriisin mukaan riskiluokaltaan samat. Riskimatriisi voi myös vääristää riskin suuruuden todellista suuremmaksi, joka voi johtaa tarpeellista suurempiin riskin pienennyskustannuksiin. Lisäksi riskimatriisin tulokseen voi vaikuttaa ennakoasenne ääriarvojen välttämiseen. Tutkimusten mukaan ihmisen on helpompi valita annetusta asteikosta arvo keskivaiheilta kuin ääripäistä. Esimerkiksi kuvan 2 riskimatriisista todennäköisyyttä määrittäessä olisi helpompi valita todennäköisyydeksi mahdollinen kuin epätodennäköinen tai todennäköinen. (Cox 2008; Thomas et al. 2014)

Tässä työssä etsitään ja listataan vaaroja alustavalla vaara-analyysillä (Preliminary Hazard Analysis). Alustava vaara-analyysi on kvalitatiivinen eli laadullinen riskien analysointimenetelmä. Alustavaa vaara-analyysiä käytetään sekä käytössä että suunnitteilla olevien tuotteiden ja järjestelmien turvallisuuden tarkasteluun. Sen tarkoituksena on tunnistaa tuotteeseen/järjestelmään liittyvät vaarat ja turvallisuuden parantamiskeinot. Alustavassa vaara-analyysissä on käytössä taulukko, johon listataan vaara, vaaran mahdolliset seuraukset, nykyiset varautumiskeinot, riskin suuruus sekä tarvittavat parannuskeinot riskin pienentämiseksi. (Kivistö-Rahnasto et al. 2000; SFS-IEC 60300-3-9; Zhao et al. 2009; SFS-EN 31010)

2.2 Tuotteen elinkaaren aikainen turvallisuus

Yleisen tuoteturvallisuusedirektiivin 2001/95/EY mukaan tuottajat saavat tuoda markkinoille vain turvallisia tuotteita. Tuotteiden tulee täyttää kansallisen lainsäädännön ja standardien vaatimukset. (Euroopan Parlamentti ja Neuvosto A 2001). Tuotteen/laitteen elinkaari alkaa suunnitteluvaiheesta ja päättyy tuotteen käytöstä poistoon ja hävitykseen. Tuotteen/laitteen tulisi olla turvallinen koko elinkaarensa ajan. Turvallinen tuote saa alkunsa jo suunnitteluvaiheessa. Tuotteen suunnittelijan/valmistajan tehtävänä on tunnistaa tuotteeseen liittyvät vaarat ja vaaratilanteet sekä arvioida tuotteen riskien suuruus ja merkitys. Suunnitteluvaiheessa on huomioitava tuotteen elinkaaren aikaiset riskit sekä tuotteen hävitys. Vaaroja voi esiintyä tuotteen/laitteen kuljetuksessa, kokoonpanossa, asennuksessa, käyttöönnotossa, käytössä, purkamisessa, käytöstä poistossa sekä romuttamisessa/hävittämisessä. Suunnittelija voi poistaa ja pienentää tuotteen riskejä sekä lisätä tuotteeseen suojia. (Pöyhönen et al. 2004; SFS-EN ISO 12100)

Valmistajan vastuulla on kehittää mahdollisimman turvallinen tuote/laitte. Lisäksi valmistajan tehtävänä on kerätä tietoa tuotteesta sen elinkaaren aikana. Kerättyjen tietojen pohjalta valmistaja voi turvallisuuden takaamiseksi poistaa tuotteen markkinoilta, tehdä muutoksia tuotteen tuotantoon, vaihtaa komponentteja tuotteeseen, päivittää tuotetta tai tehdä käyttäjätiedotteen tuotteen turvallisuutta parantamaan. (Pöyhönen et al. 2004)

Tuotteen/laitteen käyttäjällä on myös vastuu tuotteen turvallisuudesta. Tuotteen/laitteen hankintavaiheessa käyttäjä voi vaikuttaa tuotteen turvallisuuteen valitsemalla tarpeisiinsa parhaiten sopivan tuotteen. Hankittavalla tuotteella voi olla esimerkiksi sähkö- tai tietoturvallisuusvaatimuksia. Käyttäjän pitää huomioida tuotetta käyttäessään mahdolliset valmistajan ilmoittamat turvallisuus- ja käyttöohjeet. Lisäksi käyttäjän vastuulla on tuotteen/laitteen säännöllinen huolto ja kunnossapito. Hyvin huollettu ja kunnossapidetty tuote/laitte vikaantuu harvemmin ja toimii varmemmin. Käyttäjän tehtävänä on myös tuotteen turvallinen käytöstä poisto ja hävittäminen. (Pöyhönen et al. 2004)

Kuluttajaturvallisuuslaki (22.7.2011/920) käsittelee kulutustavaroiden ja kuluttajapalveluiden turvallisuutta. Laissa on määrätty huolellisuusvelvoite, jonka mukaan toiminnanharjoittajan on huolellisesti ja ammattitaidolla varmistettava, että kulutustavarasta tai kuluttajapalvelusta ei aiheudu vaaraa kenenkään terveydelle tai omaisuudelle. Lisäksi toiminnanharjoittajan täytyy selkeästi tiedottaa kulutustavaraan/kuluttajapalveluun liittyvistä vaaroista, jotta kuluttaja voi arvioida tavarapalvelun turvallisuutta. (Kuluttajaturvallisuuslaki 22.7.2011/920)

2.3 Maksimivoimatestit, tasapainotestit ja turvallinen testaus

Maksimivoimatesteissa selvitetään testattavan lihaksen tai lihasryhmän suurin yksilöllinen voimataseo kertaupistuksessa. Maksimaalinen voimataseo ilmoitetaan newtoneina (N), kilogrammoina (kg) tai vääntömomenttina newtonmetreinä (Nm). Maksimivoima-

testissä suorituksen kesto on yleensä maksimissaan neljä sekuntia. Isometrisessä maksimivoiman mittauksessa testattava tuottaa voimaa liikkumatonta kohdetta vastaan niin paljon kuin lyhyessä ajassa on mahdollista. Testisuorituksia on vähintään kolme ja niiden välillä on 1-2 minuutin palautus. Kullakin maksimivoimatestillä mitataan tiettyä hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuutta. Testissä voimasignaalit saadaan mitattua voimalevyjen ja voima-antureiden avulla. (Keskinen et al. 2004)

Tasapainotesteillä tutkitaan testattavan tasapainoa. Tasapaino tarkoittaa ihmisen kykyä ylläpitää haluttua kehon asentoa liikkeessä tai paikalla ollessa. Tasapaino on osa hermo-lihasjärjestelmää. Sisäkorvan tasapainoelimet aistivat ihmisen näön kanssa kehon asentoja ja liikkeitä. Hermo-lihasjärjestelmä pyrkii vastustamaan kehoon vaikuttavia ulkoisia voimia, jotta tasapaino säilyisi. Tasapaino jaetaan staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon. Staattinen tasapaino on kyky säilyttää tasapaino yhdessä pisteessä. Sitä voidaan tutkia esimerkiksi yhden jalan seisonnoilla tai/ja silmät kiinni tehtävillä seisontatesteillä. Dynaaminen tasapaino on puolestaan tasapainon säilymistä liikkeessä pisteestä toiseen. Sitä voidaan tutkia liikkuvalla tai liikkumattomalla alustalla. Testissä seistään voimalevyjen päällä, jotka havaitsevat testattavan alustaan tuottamia pysty- ja vaakasuuntaisia voimia. Lisäksi testeissä käytetään EMG-antureita havaitsemaan lihasten työtä. (Keskinen et al. 2004)

Maksivoiman sekä tasapainon testaaminen ovat osa kuntotestausta. Kuntotestauksessa turvallisuus on huomioitava eri asioissa. Turvallisuutta on pohdittava sekä testivälineiden että testauksen aiheuttamana turvallisuusriskinä. Suurin riski testaustoiminnassa kohdistuu ihmisiin eli kyseessä on henkilöriski. Henkilöriskejä ovat esimerkiksi tapaturma, loukkaantuminen tai kuolema. Nämä riskit toteutuessaan eivät ole korvattavissa rahalla, kuten esimerkiksi omaisuuden vauriot. Testaustoiminnassa henkilöriski voi kohdistua sekä testattavaan että testaajaan. Testaustoiminnassa on noudatettava Työturvallisuuslakia (23.8.2002/738) sekä Kuluttajaturvallisuuslakia (22.7.2011/920). Työturvallisuuslaissa määrätään työntekijän turvallisuudesta. Kuluttajaturvallisuuslaissa puolestaan määrätään kuluttajapalveluiden ja kulutustuotteiden turvallisuudesta. (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738; Kuluttajaturvallisuuslaki 22.7.2011/920)

Maksimaalisesta kuntotestauksesta voi muodostua osalle ihmisiä terveystarve. Varsinkin vähän kuntoileville ja sydänperäisiä sairauksia sairastaville äkillinen kova rasitus voi aiheuttaa komplikaatioita, kuten esimerkiksi ongelmia sydän- ja verenkiertoelimistöön. Maksimivoimatesti aiheuttaa verenpaineen nousua, jolloin verenkierto kuormittuu. Maksimivoimatesteissä voi pahimmillaan tapahtua komplikaatioita, pyörtymisiä sekä tuki- ja liikuntaelimestön vammoja, kuten esimerkiksi revähdyksiä. Tasapainotesteissä äkillisen komplikaation riski on maksimivoimatestejä pienempi, mutta esimerkiksi lihasten kipeytymistä, lihasrevähdyksiä ja kaatumisen aiheuttamia loukkaantumisia voi sattua. Testattavan riskikartoitus ennen testiä, elvytystaitoinen koulutettu henkilökunta, alkulämmittely ennen testiä, toimivat ensiapuvälineet sekä tarvittaessa testin keskeyttäminen vähentävät testin aikana syntyviä ongelmia. Mahdollisimman turvallisen testin

takaamiseksi testaajan pitää olla paikalla koko testin ajan valvomassa testiä. EMG-antureita kiinnittäessä on huolehdittava hygieniasta. Anturin kiinnittäjällä on hyvä olla kertakäyttöiset suojakäsineet verestä tarttuvien tautien välttämiseksi. Anturien kiinnittämisenä käytettävä ihon hiomapaperi ja desinfiointiin käytettävät vanulaput on laitettava suoraan roskeen, jotta niistä ei leviä tauteja. (Keskinen et al. 2004; LTS ry 2010)

Osa liikuntateknologian laitteista aiheuttaa melua. Melu on voimakasta, epämiellyttävää ja/tai häiritsevää ääntä, joka voi aiheuttaa ajan kuluessa kuulolle vaurioita. Melun aiheuttamiin haittoihin vaikuttavat muun muassa melun kesto ja voimakkuus. Työturvallisuuslaissa on meluasetus, jossa on määräyksiä ja ohjeita työntekijöiden suojelemiseksi melun aiheuttamilta vaaroilta. Melulle on asetettu alempi ja ylempi toiminta-arvo, jotka ovat merkittäviä rajoja melun mittauksessa. Alempi raja-arvo on 80 desibeliä ja ylempi raja-arvo on 85 desibeliä. Jos työpaikan melu ylittää alemman raja-arvon, on työntekijälle tarjottava mahdollisuutta kuulonsuojaimien käyttöön. Jos melu ylittää ylemmän raja-arvon, on työpaikalla käytettävä kuulonsuojaimia. (Haatainen et al. 2006; Työsuojeluhallinto 2015)

2.4 EMG ja sähköstimulaatio

EMG eli elektromyografia on lihaksen elektrofysiologinen tutkimusmenetelmä. Sillä tutkitaan ja mitataan lihaksen sähkötoimintaa. EMG:llä selvitetään muun muassa lihas-ten aktivaatitasoa ja aktivoitumisjärjestelmää, lihasepätasapainoa, lihaksen toimintahäiriöitä sekä lääketieteellisiä poikkeuksia. Elektromyografia on käytössä ihmisen liikkeen tutkimisessa, lihasvammadiagnooseissa, kuntoutuslääketieteessä ja urheilussa. Lihaksisto ja hermosto lähettävät sähkösignaaleja. Sähkösignaali aiheuttaa lihassupistuksen, joka välitetään iholle tai lihakseen asennettavien antureiden välityksellä datakanavaa pitkin tietokoneelle graafiseksi tiedoksi. Kehoon voidaan laittaa neula- tai pinta-elektrodi keräämään sähkösignaaleja. Neulaelektrodi laitetaan ihon läpi kudokseen selvittämään lihaksen sisäistä aktivaatiota. Pintaelektrodi puolestaan liimataan ihon pinnalle. Se antaa laajemman kuvan halutun alueen lihastoiminnasta. Pintaelektrodin ja ihon väliin laitetaan geeliä edistämään sähkösignaalien johtumista antureihin. Lisäksi kuollut iho elektrodin alta pitää poistaa, jotta se ei häiritse sähkösignaalien siirtymistä. Elektrodi voi olla monolaari- tai bipolaarielektrodi. Bipolaarielektrodissa mittaavia elektrodeja on kaksi, jolloin mittauksessa esiintyy vähemmän häiriöitä. (Uusitalo et al. 1987; Hughes et al. 2007; Kaskivirta 2010; Zhao et al. 2011)

Sähköstimulaatiota käytetään kolmeen eri tarkoitukseen. Sähköstimulaatio voi olla terapeuttinen työkalu, diagnoosityökalu tai sitä voidaan käyttää menetetyn toiminnon entisöintiin. Sähköstimulaatiota käytetään yleisesti muun muassa kuntoutukseen, halvaantuneiden lihasten aktivoitiin ja aivohalvauspotilaille (Mandrile et al. 2003). Stimulaatiossa stimuloitava kytketään stimulaattoriin kaapeleilla, jotka kiinnitetään ihoon pinta-elektrodeilla. Pintaelektrodin ja ihon väliin laitetaan geeliä vähentämään ihon aiheuttamaa impedanssia, eli vastusta sähkösiirtymiselle. Stimuloitava sähköaalto saa lihak-

sisä aikaan supistumisen. Sähköimpulssit stimuloivat hermoja, jolloin lihas supistuu kuten normaalissa lihastoiminnassa. Lihaksen sähköstimulaation tavoitteena on saada supistuksia ja värinää lihakseen. (McNulty et al. 2006; Azman et al. 2012)

Sähköstimulaation voimakkuuteen vaikuttavat kudokset, iho, stimuloitava alue sekä elektrodin koko. Stimulaatio voi olla joko vakiojännite- tai vakiovirta- stimulaatiota. Vakiojännitteessä jännite yli kuorman on vakio. Vakiovirrassa puolestaan virta kuorman välityksellä on vakio. Vakiovirta antaa stimulaatioon paremman toistettavuuden ja luotettavuuden kuin vakiojännite. (McNulty et al. 2006) Sähköstimulaatiossa sähköpulsseille valitaan pulssilaajuus, pulssin leveys, pulssin muoto ja pulssitaajuus. Pulssin muoto on useimmiten neliön muotoinen aalto. Pulssitaajuutta suurennettaessa lihakseen kohdistuva supistumisvoima kasvaa. (Azman et al. 2012)

Sähköstimulaation käytössä on turvallisuusrajoituksia. Sähköstimulaatiota ei saa antaa ihmisille, joilla on sydämen tahdistin, sydämen sisäinen defibrillaattori tai muita vastaavia sydänperäisiä sairauksia. Raskaana oleville sähköstimulaatiota ei suositella raskauden alussa eikä keskivartalon alueelle, koska sähköstimulaatio voi vaurioittaa sikiötä. Sähköstimulaatiota ei saa antaa kaulan alueella kaulavaltimolle, koska se voi vaikuttaa henkilön verenpaineeseen. Sähköstimulaation käyttöä ei suositella myöskään silmien, aivojen, rinnan ja selkärangan alueille eikä epileptikoille turvallisuussyistä. Sähköstimulaatiossa käytettävät elektrodit tulee laittaa terveelle iholle. Elektrodit ja niissä käytettävä geeli voivat aiheuttaa ihoärsytystä osalle ihmisiä. Sähköstimulaatiossa voi käyttää eri kokoisia elektrodeja. Elektrodien koko tulisi olla yli 14 kuutiosenttimetriä ja elektrodin aiheuttama impulssi pienempi kuin 2 milliampeeria kuutiosenttimetrille, jotta välttyttäisiin mahdollisilta palovammoilta. (Compex 2015; Cefar Medical 2016)

Euroopan Neuvoston direktiiviä 93/42/ETY sovelletaan lääkinällisiin laitteisiin. Lääkinälliset laitteet ovat muun muassa laitteita, joita käytetään sairauden tai vamman diagnosointiin, ehkäisyyn, tarkkailuun, hoitoon tai lievitykseen sekä anatomian tai fysiologian toiminnan tutkimiseen. Direktiivin mukaan lääkinällinen laite tulee suunnitella ja valmistaa niin, että se ei suunnitelluissa olosuhteissa ja käyttötarkoituksessa vaaranna tutkittavan ja käyttäjän terveyttä ja turvallisuutta. Lääkinällisen laitteen täytyy toimia kohtuudella erilaisissa ympäristöoloissa. Laitteen toimintaan ei saa vaikuttaa liikaa esimerkiksi magneettikentät, ulkoiset sähkökentät, sähköstaattiset purkaukset, lämpötilan vaihtelut ja vuorovaikutus muiden laitteiden kanssa. Energiaa tuottavissa lääkinällisissä laitteissa on oltava virtausnopeuden säätö. Näyttö- ja mitta-asteikkojen sekä hallintalaitteiden pitää olla riittävän tarkkoja sekä ergonomisesti suunniteltuja, jotta niiden säätäminen onnistuu tarkasti. Lääkinällisessä laitteessa pitää olla käyttöohje sekä merkinnät, joissa kerrotaan laiteluokasta riippuen aikakin valmistajan nimi/toiminimi ja osoite sekä laitteen käyttöä koskevat varoitukset. (Euroopan Neuvosto 1993)

SFS-EN 60335-1 Kotitalouksien ja vastaaviin käyttöihin tarkoitettut sähkölaitteet. Turvallisuus. Osa 1: Yleiset vaatimukset. -standardi on Suomen standardisoimisliiton julkaisema eurooppalainen standardi. Standardi käsittelee kotitalouskäyttöön tai vastaavaan käyttöön tarkoitettujen sähkölaitteiden ja -koneiden turvallisuutta, kun laitteen mitoitusjännite, eli valmistajan ilmoittama jännite, on enintään 250 voltia yksivaihelaitteilla ja enintään 480 voltia muilla laitteilla. Sähkölaitteet voivat aiheuttaa erilaisia vaaroja käyttäjälle ja ympäristölle. Vaarat voivat olla sähköisiä, mekaanisia, tulipalo-, säteily- tai lämpövaaroja. Standardin avulla yritetään saada sähkölaitteet riittävälle suojaus- tasolle vaaroja vastaan. (SFS-EN 60335-1)

Standardin mukaan sähkölaitte tai -kone on rakennettava niin, että se toimii normaali- käytössä turvallisesti. Lisäksi laite ei saa aiheuttaa käyttäjille ja ympäristölle vaaraa huolimattomassa käytössä. Sähkölaitteen tulee kestää kaikki standardiin kuuluvat testit, jotta tuote on hyväksytty. Sähkölaitteen jännitteiset osat on suojattava niin, että niihin ei pääse koskemaan. Laite ei myöskään saa normaalissa käytössä lämmentä korkeihin lämpötiloihin. Sähkölaitteen on kestävä ylijännitteet sekä toimittava laitteen IP- merkinnän mukaan kosteissa oloissa. Lisäksi on huolehdittava siitä, että laite on eristetty ja maadoitettu. Sähkölaitteen mekaaninen lujuus on oltava normaaliin käyttöön riittävä. Laitteen on myös pysyttävä pystyssä, jos laite on tarkoitettu lattialla tai pöydällä pidettäväksi. Standardin mukaan sähkölaitteeseen on merkittävä ainakin mitoitusjännite tai mitoitusjännitealue, mitoitus-teho tai mitoitusvirta, laitteen valmistajan tai edustajan nimi ja tavara- tai tunnusmerkki sekä laitteen malli- tai tyyppimerkintä. (SFS-EN 60335-1)

Sähkölaitteet ja koneet vaativat CE- merkinnän päästäkseen myyntiin Euroopan talous- alueella. CE- merkinnän saa tuote/laitte, joka täyttää tuotteeseen/laitteeseen liittyvien direktiivien ja standardien vaatimukset. Euroopan unionin vaatimukset kohdistuvat tur- vallisuu-teen, ihmisten terveyteen sekä ympäristöön. CE- merkinnällä tuotteen valmista- ja vakuuttaa tuotteen täyttävän kyseiset vaatimukset. Suomessa CE- merkintää koskeva laki on tullut voimaan 1994. (Euroopan komissio 2011)

2.5 Paineilma

Painelaitelaki 27.8.1999/869 sekä Euroopan Parlamentin ja Neuvoston painelaitedirek- tiivi 2014/68/EU ja yksinkertaisten painesäiliöiden direktiivi 2014/29/EU määräävät painelaitteiden turvallisuudesta. Painelaitelain mukaan painelaite on rakennettava, sijoit- tettava, käytettävä, hoidettava ja tarkastettava niin, ettei siitä aiheudu vaaraa henkilöille tai omaisuudelle. (Painelaitelaki 27.8.1999/869) Painelaitteen toiminnan aikana voi ai- heutua vaaratilanteita monesta eri syystä. Vaaraa voivat aiheuttaa muun muassa toimin- tavierheet, inhimilliset virheet, huono kunnossapito, epäpuhtaus, korroosio, kuluminen, vaaralliset kuormitusolosuhteet, väärä lämpötila, jäätyminen sekä säiliön väärä paine. (SFS-EN 764-7)

Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiiviä 2014/29/EU sovelletaan sarjatuotantona valmistettaviin yksinkertaisiin painesäiliöihin, jotka sisältävät ilmaa tai typpeä. Painesäiliön maksimipaineen on oltava yli 0,5 baaria, jotta säiliö kuuluu tämän direktiivin alaisuuteen. Direktiivin mukaan painesäiliön materiaali on valittava käyttötarkoituksen mukaan, jotta se kestää riittävän kuormituksen. Turvallisuussyistä painesäiliöön tai säiliön arvokilpeen on merkittävä säiliön suurin sallittu käyttöpaine baareina, korkein ja matalin sallittu käyttölämpötila Celsius-asteina, säiliön tilavuus litroina, valmistajan nimi, tuotenimi, tavaramerkki, osoite sekä säiliön tyyppinumero ja sarja- tai eränumero. Lisäksi säiliöön tai arvokilpeen on kiinnitettävä pysyvästi ja näkyvästi CE-merkintä. Vaikka valmistajan ilmoittama painesäiliön alin käyttölämpötila olisi korkeampi kuin -10 Celsius-astetta, on laitteen täytettävä turvallisuussyistä -10 Celsius-asteen säiliön vaatimukset. Painesäiliön turvallisuuden takaamiseksi painesäiliö on voitava tarkistaa sisäpuolelta. Lisäksi säiliö pitää saada tyhjennettyä sen sisään kerääntyvästä nesteestä. Painesäiliön mekaanisten ominaisuuksien pitää pysyä normaalissa käytössä muuttumattomina eikä säiliö saa normaalissa käytössä kuormittua käyttöturvallisuutta vaarantaen. Painesäiliöt pitää myös suojata riittävästi korroosiolta, jotta painesäiliö ei heikkene. (Euroopan Parlamentti ja Neuvosto C 2014)

Painelaitedirektiiviä 2014/68/EU puolestaan sovelletaan painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnitteluun, valmistamiseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin, kun laitteen/laittekokonaisuuden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 baaria. Painelaitteelle pitää suunnitella riittävä lujuus. Suunnittelussa on otettava huomioon muun muassa sisäinen ja ulkoinen paine, ympäristön lämpötila, käyttölämpötila, erilaiset kuormitukset (esimerkiksi tuuli tai liikenne), tukien ja putkien aiheuttamat vastavoimat ja momentit, korroosio, eroosio ja väsyminen. Lisäksi painelaitteen avaus- ja sulkulaitteiden sekä varoventtiilien on oltava käyttäjälle turvallisia. Painelaitteen aiheuttamia vaaroja tulisi poistaa mahdollisimman paljon. Jäljelle jääviä vaaroja pitää pienentää, niin paljon kuin kohtuullisesti on mahdollista. Jos vaaroja ei voida poistaa, niille täytyy keksiä suojaustoimenpiteitä. Lisäksi painelaitteeseen jäävistä vaaroista täytyy tiedottaa käyttäjälle. Painelaitteen suunnitteluvaiheessa tulisi myös pyrkiä estämään laitteen virheellinen käyttö. (Euroopan Parlamentti ja Neuvosto B 2014)

Painelaitteen omistajalla ja haltijalla on vastuu painelaitteesta. Heidän tehtävänä on huolehtia siitä, että painelaite sijoitetaan, tarkistetaan, valvotaan ja käytetään säädösten mukaan. (Painelaitelaki 27.8.1999/869) Painelaite tulee sijoittaa niin, että sitä voidaan käyttää, huoltaa ja tarkastaa turvallisesti. Painelaitteissa voi tapahtua äkillisiä paineen purkauksia, jotka voivat aiheuttaa vahinkoa. Painelaitteen sijoittamisessa tulisi huomioida myös mahdolliset äkilliset paineen purkaukset. Painelaitteen sähkölaitteiden pitää vastata sijoituspaikan tilaluokitusta, jotta niistä ei aiheudu käyttäjille vaaraa. Sähkölaitteen pitää kestää tilan kosteus ja pöly. Painesäiliön ja kompressorin sijoituspaikan lämpötilaksi on suositeltu +5 - +35 Celsius-astetta. Painelaitetta ei saa jättää paineellisena kylmää tilaan, ellei sitä ole suunniteltu ulkosijoitukseen, eli laitteen alin käyttölämpötila

on -40 Celsius-astetta. Painelaite pitää turvallisuussyistä olla paineettomana, jos sitä ei käytetä tai jos sitä kuljetetaan. Tällöin painelaite ei lisää vaaraa tulipalossa tai muussa onnettomuudessa. (Turvatekniikan keskus 2004)

Painelaitteen käyttäjän pitää ymmärtää laitteen vaarat sekä tuntea laitteen turvajärjestelmät, jotta painelaitetta voi käyttää turvallisesti. Painelaitteen turvalaitteita, esimerkiksi varoventtiilejä ja painekeytkimiä, ei saa ohittaa eikä säätää liian isolle. Varoventtiilin tehtävä on suojata painelaitetta suurimman sallitun käyttöpaineen ylittämislta, joten sitä ei saa käyttää paineensäätölaitteena. Huollossa/kunnossapidossa painelaite ei saa olla paineellinen tai jännitteellinen. Vikaantuneen painelaitteen korjaus tulee jättää alan ammattilaisten tehtäväksi. Paineilmasäiliö syöpyy helposti, koska sinne kerääntyy usein vettä, sakkaa tai/ja ruostetta. Lisäksi kolhiintuminen, kylmät olosuhteet ja kosteus heikentävät säiliön kestävyyttä. Painesäiliön sisäpuolinen tarkastus ja puhdistus tulee suorittaa laitteen huolto-ohjeen mukaan. Myös painesäiliöön liitetyt letkut, putkistot ja työkalut tulee tarkistaa mahdollisilta vaurioilta säännöllisesti. Painesäiliön ulkopuoliset vauriot, esimerkiksi huono maalipinta, edesauttavat säiliön ulkopuolista syöpymistä. (Turvatekniikan keskus 2004)

Turvallisessa painelaitteessa on riittävä kapasiteetti käyttötarkoitukseensa nähden. Letkujen, putkien ja venttiilien paineen ja lämpötilan kestot on tarkastettava, jotta ne kestävät painelaitteen maksimiärvot. Painelaitteella on oltava CE-merkintä sekä käyttö- ja huolto-ohjeet. Vaatimattomille painelaitteille riittää vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen hyvä konepajakäytäntö, joten niitä painelaitteita ei ole CE-merkittynä. Painelaitteen kilvessä tulee olla CE-merkinnän lisäksi ilmoitettuna laitteen suurin ja pienin käyttöpain, ylin ja alin käyttölämpötila, valmistusnumero, valmistustunnus sekä valmistusvuosi. Jos painelaite sijoitetaan ulos, sen alin käyttölämpötila pitää olla turvallisuussyistä ainakin -40 Celsius-astetta. (Turvatekniikan keskus 2004)

Paineilma on vaarallista joutuessaan ihmisen elimistöön. Elimistössä paineilman ilmakupla voi vaurioittaa keuhkoja, mahaa ja suolistoa sekä tukkia verisuonia. Verisuoniin kulkeutuessaan ilmakupla voi aiheuttaa tajuttomuutta, halvauksen ja jopa kuoleman. Paineilman elimistöön aiheuttamiin seurauksiin vaikuttaa ilmakuplan koko, kesto ja sijainti. Paineilmaa voi päästä kehoon rikkoutuneen ihon kautta, esimerkiksi haavasta, ja kehon aukkojen kautta, esimerkiksi suun tai nenän kautta. Vaatekerros ei estä paineilman kulkeutumista kehoon. (OSHA 2016)

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

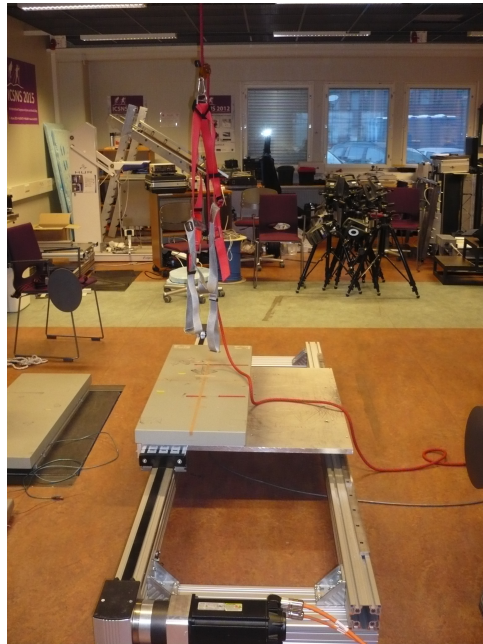
3.1 Työn kohde

Työssä tarkastellaan Vuokatin Snowpoliksessa olevia Jyväskylän yliopiston liikuntateknologian yksikön liikuntateknologian laitteita. Työhön kuuluvat laitteet ovat

- Tasapainon mittauslaite
- Voimapenkki olkavarren ja reiden lihaksille
- Voimapenkki säären ja pohkeen lihaksille
- Voimapenkki jalkalihaksille
- Sähköstimulaattori
- Suksen liikutuslaite
- Sauvojen mittauslaite

Sähköstimulaattoria lukuun ottamatta kaikki laitteet ovat rakennettuja, eli niitä ei ole ostettu/tilattu valmiina laitteina valmistajalta. Ensin on ollut tarve mitata tai tutkia ihmisen tai välineen jotain ominaisuutta. Sitten on suunniteltu kyseiseen käyttöön soveltuva laite. Laitetta varten on ostettu tarvittavat komponentit ja sitten laite on rakennettu niistä. Voimapenkit on rakennettu Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen Jyväskylän toimipisteessä. Tasapainon mittauslaite, suksen liikutuslaite ja sauvamittauslaite on rakennettu Jyväskylän yliopiston liikuntateknologian yksikössä Snowpoliksessa Vuokatissa. Laitteilla ei ole tarkkoja valmistumisvuosia, vaan niitä on rakennettu 2003 vuodesta alkaen. Laitteet myös kehittyvät vuosien varrella, jos niihin keksitään uusia ominaisuuksia. Liikuntabiologian laitoksen Vuokatin yksikön laboratorioinsinöörit vastaavat kaikkien laitteiden huollosta, kunnossapidosta ja turvallisuudesta.

Tasapainomittauksia suoritetaan kuvan 3 laitteella. Laitteella mitataan testattavan dynaamista tasapainoa eli tasapainoa liikkuvalla alustalla (Piirainen 2014). Testattava seisoo liikkuvan voimalevyn päällä turvavaljaisiin puettuna. Mittauksessa levyä liikutetaan eteen ja taaksepäin horisontaalisesti eri nopeuksin ja kiihtyvyyksin tietokoneella ohjatuna. Voimalevyllä ja jalkoihin kiinnitetyillä EMG-antureilla mitataan, mikä lihas tekee työtä ja kuinka paljon, kun tasapainoa häiritään. Mittauksilla pyritään myös selvittämään dynaamisen tasapainohäiriön yhteyttä hermo-lihasjärjestelmän toimintaan. Tämän lisäksi tasapainotestejä tehdään staattisessa tilanteessa Rombergin testillä. Rombergin testissä testattava seisoo paikallaan olevan voimalevyn päällä eri asennoissa, joissa mitataan huojunnan määrää ja pinta-alaa. Lisäksi dynaamista tasapainoa testataan lattialla laudan päällä toiminnallisilla tasapainotesteillä.



Kuva 3 Tasapainomittaus liikkuvalla voimalevyllä

Voimamittauksia tehdään kuvien 4, 5 ja 6 voimapenkeillä. Kuvan 4 voimapenkillä voidaan mitata olkavarren sekä reiden lihasten voimia. Kuvan 5 voimapenkillä saadaan mitattua säären ja pohkeen lihaksia. Kuvan 6 voimapenkillä mitataan jalkojen lihasten voimantuottoa. Testattava kiinnitetään voimapenkkiin turvavöillä ja penkki säädetään testattavan mittojen mukaan sopivaksi. Lisäksi testattavalle kiinnitetään EMG-antureita haluttuihin lihaksiin. EMG-anturit ovat bipolaarisia pintaelektrodeja. Antureilla saadaan selville lihaksen sähköinen aktiivisuus. (Piirainen 2014)



Kuva 4 Voimapenkki olkavarren ja reisilihasten voimien mittaukseen



Kuva 5 Voimapenkki säären ja pohkeen lihasten voimien mittaukseen



Kuva 6 Voimapenkki jalkojen lihasten voimien mittaamiseen

Sähköstimulaatio tehdään kuvan 7 laitteella eli sähköstimulaattorilla. Sähköstimulaattori on malliltaan Digimeter DS7a. Stimulaattorin valmistusmaa on Englanti. Stimulaattori on liikutettava laite, jota on tarkoitus käyttää tulevaisuudessa myös ulkona tehtävissä testeissä. Stimulaattori kytketään sähköjohdolla verkkovirtaan. Stimulaattori on myös mahdollista kytkeä verkkovirtaan suojaerottelumuuntajalla. Stimulaattorista lähtee kaapelit, jotka kiinnitetään stimuloitavaan ihmiseen haluttuun kohtaan kahdella elektrodilla. Laitteesta säädetään haluttu voimakkuus sähköstimulaatioon. Säädetävät suureet ovat μs , V max ja mA, eli impulssin kesto mikrosekunteinä, maksimijännite voltteina ja sähkövirta milliampeereina. Sähköstimulaatiolla testataan ihmisen hermo-lihasjärjestelmää.

Laite antaa sähköisen herätteen lihakselle ja/tai hermostolle. Sähköstimulaatiota käytetään yleisesti muun muassa kuntoutukseen, halvaantuneiden lihasten aktivoitiin ja aivo-
halvauspotilaille (Mandrile et al. 2003), mutta Snowpoliksella käyttö on rajoittunut vain terveiden tutkittavien raajojen lihasten tutkimiseen.



Kuva 7 Sähköstimulaattori

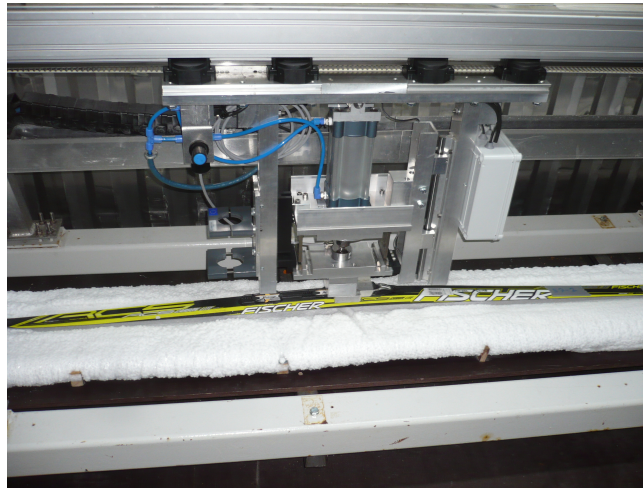
Suksen liikutuslaitetta on esitelty kuvissa 8, 9 ja 10. Suksen liikutuslaite sijaitsee ulkona olevassa irrallisessa kontissa (merikontti), jonka ilma on jäähdytetty haluttuun pakkaslukemaan (kylmin lämpötila -20 Celsius-astetta, yleisin lämpötila 0 - -5 Celsius-astetta). Laitetta ohjataan tietokoneella erillisestä tilasta. Suksi on kiinnitetty laitteeseen normaallilla suksisiteellä, joko Salomonin SNS- siteellä tai Rottefellan NNN-siteellä. Laite painaa suksen latuun ja liikuttaa suksea 6 m/s nopeudella latua pitkin eteenpäin ja pysäyttää suksen ladun loppuun. Suksen liikutuslaitteessa voima tuotetaan Silentairen Sil-Air 50-24 kompressorilla (maksimipaine 8 bar). Kompressor on CE- merkitty ja siinä on Condor MDR2 painekeytkin. Suksen liikutuslaitteella selvitetään suksien, voiteiden ja kuvioiden luistoa sekä suksen kitkakerrointa.



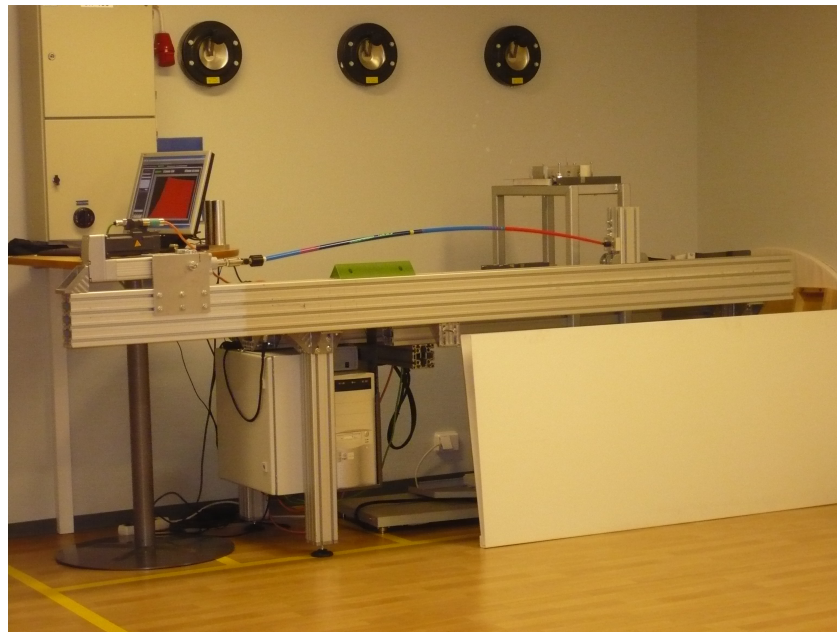
Kuva 8 Suksen liikutuslaitteen latu



Kuva 9 Suksen liikutuslaite



Kuva 10 Suksen kiinnitys, latuun painaminen ja liikutus



Kuva 11 Sauvan jäykkyyden mittauslaite

Sauvamittauksissa testataan hiihtosauvojen jäykkyyttä. Sauvojen mittauslaite on kuvassa 11. Tietokoneelta valitaan haluttu voima puristamaan sauvaa. Tietokoneen puoleinen osa puristaa sauvaa valitulla voimalla ja taivuttaa sauvaa kaarelle. Jos sauva ei kestä valittua voimaa, se katkeaa. Muissa tapauksissa sauvan puristaminen lopetetaan halutun ajan kuluttua, ja tietokone näyttää jäykkyyssäyrän sauvasta. Sauvamittauksissa voidaan mitata eri valmistajien sauvojen maksimijäykkyyksiä sekä vertailla eri sauvojen jäykkyyssäyriä samalla puristusvoimalla. Sauvaan kohdistuva voima tuotetaan Siemens'n CE-merkityllä sähkömoottorilla.

3.2 Työn suoritus ja työvaiheet

Työn aluksi tutustuttiin työhön kuuluviin liikuntateknologian laitteisiin, jotta saatiin käsitys siitä, millaisten laitteiden turvallisuutta työssä tutkitaan. Työn tekijä pääsi myös itse koittamaan tasapainomittauksia, voimapenkkejä ja sähköstimulaatiota, jotta laitteiden toiminta varmasti selveni. Laitteisiin tutustuttua aloitettiin laitteisiin liittyvän tiedon etsiminen ja tutkiminen.

Työ on jaettu viiteen osaan laitteiden perusteella. Jokaiselle laitteelle tehtiin samat kolme osatehtävää. Ensimmäinen osatehtävä on valitun laitteen käyttöön liittyvien vaarojen ja onnettomuusmahdollisuuksien tunnistaminen. Työssä käytettiin hyväksi alustavaa vaara-analyysia (Preliminary Hazard Analysis). Analyysissä tunnistetaan ensin vaarat ja sitten arvioidaan niiden seurauksia ja todennäköisyyttä. Seurauksien ja todennäköisyyden perusteella jokaiselle riskille määritetään suuruus huomioiden nykyiset varautumiskeinot kuvan 2 riskimatriisin mukaisesti. Riskin suuruuden määrittelyssä riskin seuraukseksi valitaan pahin mahdollinen seuraus ja riskin todennäköisyydeksi suurin mahdollinen todennäköisyys. Käyttämällä pahinta seurausta ja suurinta todennäköisyyttä saadaan varmimmin selville suurimmat riskit. Tulosten tarkastelussa on kuitenkin huomioitava se, että tapahtuneesta vaarasta ei aina seuraa pahin mahdollinen seuraus.

Toisena osatehtävänä arvioidaan olemassa olevien turvallisuustoimenpiteiden riittävyys sekä vaarojen aiheuttamien riskien hyväksyttävyys. Ensin jokaiseen vaaraan ja onnettomuusmahdollisuuteen selvitettiin nykyinen varautuminen. Vaaroille tehtiin laadullinen riskinarviointi eli jokaiselle riskille valittiin seuraus ja todennäköisyys väliltä 1-3, joiden perusteella saatiin riskeille riskiluvut. Olemassa olevat turvallisuustoimenpiteet on huomioitu vaara-analyysissä lasketuissa riskiluvuissa. Riskiluvun perusteella määrittyy riskin merkitys. Jos riski on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön, riski ei ole vielä hyväksyttävällä tasolla.

Kolmas osatehtävä esittää keinoja liikuntateknologian turvallisuuden kehittämiseksi niin, että näiden laitteiden turvallisuutta voidaan pitää hyväksyttävänä. Riskien pienentäminen voi olla esimerkiksi uudelleen suunnittelua, säännöllistä kunnossapitoa ja huoltoa, suojien asentamista tai suoja- ja turvavälineiden hankkimista. Liikuntateknologian laitteiden riskien pienentämiseksi tehdyt parannusehdotukset perustuvat havaittujen puutteiden korjaamiseen sekä löydettyjen onnettomuusmahdollisuuksien estämiseen. Jokaisen vaaran kohdalla mietittiin, kuinka juuri sitä ongelmaa voisi pienentää tai vahingon seurauksia vähentää.

Liikuntateknologian vaarojen ja riskien arvioinnin perustana olivat erilaiset standardit, direktiivit, lait ja Kuntotestauksen käsikirjassa mainitut turvallisuusasiat sekä vaarat ja riskit. Suksen liikutuslaitteen paineilman vaarojen etsimisessä käytettiin apuna Painelaitelakia (27.8.199/869), Euroopan Parlamentin ja Neuvoston painelaitedirektiiviä (2014/68/EU) ja yksinkertaisten painesäiliöiden direktiiviä (2014/29/EU) sekä standar-

dia SFS-EN 764.7 Painelaitteet. Osa 7. Lämmittämättömien painelaitteiden turvajärjestelmät. Euroopan Neuvoston lääkinällisten laitteiden direktiiviä (93/42/ETY) hyödynnettiin sähköstimulaattorin vaaroja etsiessä. Lisäksi sähköstimulaattorin sekä muiden sähkölaitteiden vaaroja tutkiessa perehdyttiin SFS-EN 60335-1 Kotitalouksien ja vastaaviin käyttöihin tarkoitetut sähkölaitteet. Turvallisuus. Osa 1. Yleiset vaatimukset. - standardiin. Kaikkia liikuntateknologien laitteita tarkasteltaessa huomioitiin myös Työturvallisuuslaki (23.8.2002/738) ja Kuluttajaturvallisuuslaki (22.7.2011/920).

SFS-EN 31010 Riskien hallinta. Riskien arviointimenetelmät-, SFS-ISO 31000 Riskienhallinta. Periaatteet ja ohjeet-, SFS-IEC 60300-3-9 Luotettavuusjohtaminen osa 3: Käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi- ja SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen - standardeja käytettiin riskienhallinnan ja riskien arvioinnin perustana.

Tietoa liikuntateknologian laitteista ja niiden turvallisuudesta saatiin myös tieteellisistä artikkeleista. Lisäksi vaaroja ja riskejä sekä nykyisiä turvatoimia löytyi tutustumalla liikuntateknologian laitteisiin. Laitteita esitteli liikuntateknologian yksikön lehtori ja insinöörit. Riskianalyysin tekijällä on kokemusta riskianalyysin tekemisestä aiempien teknillisen yliopiston turvallisuustekniikan kurssien harjoitustöiden kautta. Liikuntateknologian yksikön henkilöstöllä puolestaan on laaja kokemus erilaisten mittaus- ja testilaitteiden käytöstä. Tässä työssä tarkoituksena oli yhdistää tieto turvallisuudesta ja erilaisista testi- ja mittauslaitteista sekä saada aikaiseksi mahdollisimman turvallisia testi- ja mittauslaitteita.

4. TULOKSET

4.1 Tasapainomittaukset

4.1.1 Vaarojen tunnistaminen

Tasapainomittauksissa vaarat kohdistuvat ihmisten terveyteen. Testattavalle merkittävin vaara on kaatuminen ja voimalevyltä putoaminen/horjahtaminen. Kaatumisessa vaarana ovat turvavaljaiden/turvavaljaiden kattokiinnityksen pettäminen sekä turvavaljaista tippuminen. Jos testattava kaatuu ja putoaa voimalevyltä, seurauksena voi olla ruhjeita, murtuma, päähän kohdistuva isku tai äärimmäisessä tapauksessa jopa kuolema. Testattava voi loukkaantua testissä myös lievemmin, esimerkiksi nyrjähdys, lihasrevähdys tai lihaskramppi. Näistä voi seurata nivelsiteiden vaurioita tai lihaksen toimintakyvyn hetkellinen heikkeneminen.

Testattavalle sekä testaajalle vaarana on kehon osan puristuminen liikkuvan voimalevyn väliin. Lisäksi testaaja tai ulkopuolinen henkilö voi joutua liikkuvan voimalevyn tielle kesken testin. Näissä vaaroissa seurauksena voi olla murtuma tai ruhje. Tasapainomittauksen voimalevy on sähkötoiminen laite, joten siinä on sähköiskun vaara. EMG-anturin kiinnittäminen aiheuttaa vaaraa sekä testattavalle että testaajalle. Testattavan ihoa hiotaan hiomapaperilla, jolloin ihossa esiintyy punoitusta, ihon rikkoutumista ja kirvelyä. Testaajalle puolestaan vaaraa aiheuttaa testattavan ihon hiominen hiomapaperilla sekä tästä johtuvat käytetyt hiomapaperit ja puhdistuspaperit. Hiomisessa ja käytetyissä hiontarvikkeissa vaarana ovat verestä tarttuvat taudit.

Rombergin tasapainotestissä sekä toiminnallisessa tasapainotestissä on molemmissa samat vaarat. Molemmissa testeissä testattava voi horjahtaa ja kaatua. Tällöin seurauksena voi olla ruhje, murtuma, lihasrevähdys tai päähän kohdistuva isku. Näissä testeissä voi sattua myös pienempiä loukkaantumisia, kuten lihasrevähdys, lihaskramppi tai nyrjähdys. Tällöin seurauksena voi olla lihaksen toimintakyvyn hetkellinen heikkeneminen tai nivelsiteiden vauriot.

4.1.2 Tunnistettujen vaarojen riskiluokat

Tasapainomittauksissa tunnistetut vaarat on jaettu vaararyhmiin. Vaararyhmiä tasapainomittauksissa ovat kaatuminen/putoaminen, mekaaniset vaarat, sähkö, kiinnityksen pettäminen, pieni loukkaantuminen sekä EMG:n kiinnitys. Taulukkoon 1 on merkitty, kuinka monta minkäkin riskiluokan riskiä kullakin vaararyhmällä on. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia määrittäessä ei ole huomioitu nykyisiä turvatoimia.

Taulukko 1 Tasapainomittauksen vaarojen riskiluokat

Vaararyhmä	Riskiluokka				
	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski
Kaatuminen/putoaminen	0	0	3	2	0
Mekaaniset vaarat	0	0	2	0	0
Sähkö	0	0	1	0	0
Kiinnityksen pettäminen	0	0	0	1	0
Pieni loukkaantuminen	0	3	0	0	0
EMG:n kiinnitys	0	1	2	0	0
Yhteensä	0	4	8	3	0

Tasapainomittauksista löydettiin yhteensä 15 vaaraa. Näistä vaaroista 11 kuuluu ei-hyväksyttävään riskiluokkaan. Riski on ei-hyväksyttävä, jos se on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön riski. Tasapainomittauksissa eniten riskiä aiheuttavat kaatumisen/putoaminen -vaararyhmään kuuluvat vaarat. Lisäksi kiinnityksen pettäminen on riskiluokaltaan merkittävä riski. Yksikään tasapainomittauksen vaara ei ole riskiluokaltaan pahin mahdollinen eli sietämätön riski. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia on käytetty apuna seuraavassa luvussa 4.1.3 riskien hyväksyttävyyttä analysoitaessa. Tunnistetuille vaaroille on selvitetty nykyiset turvatoimet, ja niiden perusteella kunkin vaaran alkuperäistä riskiluokkaa on muutettu.

4.1.3 Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys

Tasapainomittauksien turvallisuuden takaamiseksi mittauksissa on nyt käytössä useita turvatoimia. Turvavaljaat vähentävät kaatumisen ja horjahtamisen vaikutuksia sekä estävät testattavaa putoamasta voimalevyltä. Turvavaljaat kiristetään testattavan mukaan,

jotta valjaista tippumista ei pääsisi tapahtumaan. Turvavaljaisiin puetaan myös testattavan jalat, jolloin valjaat kulkevat haaruksista. Tällöin turvavaljaat kiinnittävät koko ihmisen valjaisiin. Valjaat ovat Camp Safety:n työkäyttöön suunnittelemaat turvavaljaat, joissa on CE-merkintä. Turvavaljaat on kiinnitetty turvaköydellä ja pikalukollisella sulkurenkaalla kattokiskoon. Turvaköysi on Camp Safety:n kiipeilyssä ja turvakiinnityksissä käyttämää staattista köyttä. Köyden vetolujuus on 1870 kilogrammaa (Camp Safety 2016). Turvavaljaat ja turvaköyden kattopalkkiin kiinnittävä pikalukollinen sulkurengas kestää vetoa pystykiinnityksessä 40 kilonewtonia eli noin 4000 kilogrammaa. Turvavaljaiden ja niiden kiinnityksen pitäisi lujuuslaskujen mukaan kestää ainakin 1470 kilogramman paino, jotta ne ovat riittävän kestävä (laskut liite A).



Kuva 12 Kattokiskon kiinnitys

Kuvassa 12 on esitetty kattokiskon kiinnitys. Kattokisko on kiinni betonikatossa 11 betoniruuville. Kaatumistilanteessa lähes kaikki kuorma kohdistuu yhteen betoniruuviin eli kahteen betoniruuviin. Kiskon ja betonikaton välissä on äänieristelevy. Lujuuslaskujen (liite A) mukaan kiinnitys kestäisi vetoa 960 kilogrammaa. Muistettava on kuitenkin, että äänieristyslevy vähentää kiinnityksen lujuutta. Kuvassa 12 keskellä kiskoa näkyy poikittainen pultti. Siihen kiinnitetään turvavaljaat pikalukollisella sulkurenkaalla. Lujuuslaskujen (liite A) mukaan pultti kestää leikkausvoimaa 2800 kilogrammaa. Kattokiinnityksen pitäisi kestää ainakin 1470 kilogramman (liite A) paino. Lujuuslaskujen mukaan kattokiinnitys ei täytä lujuusvaatimuksia.

Tasapainomittauksen voimalevyä liikuttaa sähkömoottori. Sähköiskuvaaran vähentämiseksi sähkömoottori on CE-merkitty ja siinä on suojat paikallaan. Liikkuvalla voimalevyllä tehtävän tasapainotestin, Rombergin tasapainotestin ja toiminnallisen tasapainotestin pienen loukkaantumisen vaaraa vähennetään ennen testiä annetuilla ohjeilla sekä alkuverryttelyllä. Lisäksi testitilassa on ensiapuvälineet, ensiapuohjeet ja kylmäpusseja pieniä loukkaantumisia varten.

EMG-anturin kiinnittämisestä aiheutuvien riskien pienentämiseksi EMG-anturin kiinnittäjällä on kertakäyttöiset suojahanskat, jotka estävät verestä tarttuvien tautien pääsemistä kiinnittäjän iholle. Samalla hanskat myös estävät bakteerien/virusten leviämistä tes-

tattavaan. Lisäksi testattavalla on käytössä käsienpesupiste sekä desinfiointiaine käsien puhdistamiseen. Testattavan iho puhdistetaan desinfiointiaineella hiomisen jälkeen, jotta hioma-alueesta ei pääse bakteereja/viruksia testattavaan. EMG-anturin kiinnityksestä aiheutuville hiomapapereille ja desinfiointipapereille on olemassa roskakori ja tartunta-vaarallisen jätteen oma keräysastia.

Liitteen B taulukossa 7 on sarake riskin suuruudelle. Siihen on määritetty kunkin vaaran riski huomioiden nykyiset varautumiskeinot. Kaikki riskit tulee saada hyväksyttävälle tasolle. Riski on hyväksyttävällä tasolla, jos se on merkityksetön tai vähäinen. Samassa taulukossa 7 on myös ”täytyykö tehdä jotain” -sarake. Jos sarakkeeseen on kirjoitettu Ei, nykyisten turvatoimien jälkeen riski on hyväksyttävällä tasolla. Jos sarakkeessa on merkintä Kyllä, riski ei ole nykyisistä turvatoimista huolimatta vielä hyväksyttävällä tasolla. Jotta riskit saadaan hyväksyttävälle tasolle, tarvitaan lisää turvatoimia. Kunkin vaaran lisäturvatoimet on merkitty taulukon 7 sarakkeeseen parannusehdotukset ja niitä käsitellään tarkemmin luvussa 4.1.4. Muutama riski on lisäksi saanut parannusehdotuksia, vaikka ne ovat entuudestaan jo hyväksyttävällä tasolla.

Nykyisten turvatoimien jälkeen hyväksyttävällä tasolla olevia riskejä ovat sähköisku, pieni loukkaantuminen, turvalajasta tippuminen, Rombergin testissä pieni loukkaantuminen, toiminnallisessa tasapainotestissä pieni loukkaantuminen, EMG-anturin kiinnitys testattavaan, EMG-anturin kiinnitys testattavaan testaajan kannalta sekä EMG-anturin kiinnittämisestä aiheutuvat hioma- ja puhdistuspaperit. Kaatuminen/horjahtaminen, voimalevyiltä putoaminen, kehon osan puristuminen liikkuvan voimalevyn väliin, turvalajaiden/kattokiinnityksen pettäminen ja testaajan tai ulkopuolisen henkilön joutuminen liikkuvan voimalevyn tielle ovat riskejä, jotka eivät ole vielä nykyisten turvatoimien jälkeen hyväksyttävällä tasolla. Lisäksi Rombergin ja toiminnallisen tasapainotestin horjahtaminen/kaatuminen -riski ei ole vielä hyväksyttävällä tasolla.

4.1.4 Turvallisuuden kehittäminen

Tasapainomittausten turvallisuuden parantamiseksi ja nykyisten turvatoimien jälkeen ei-hyväksyttävälle tasolle jääneiden riskien saamiseksi hyväksyttävälle tasolle tasapainomittauksiin on esitetty parannusehdotuksia. Liikkuvalla voimalevyllä tehtävä tasapainotesti pitäisi tehdä väljemmässä tilassa, jotta kaatumisessa tai horjahtaessa ei osuisi mihinkään esineeseen, esimerkiksi pöytään. Voimalevyn ympäriltä voisi siirtää kalusteita ja laitteita testien tekemisen ajaksi hieman kauemmaksi. Voimalevyn ohjausjärjestelmään voisi lisätä hätäseisäkytkimen, jolla testaaja saisi pysäytettyä voimalevyn kaatumistilanteessa. Hätäseisäkytkin olisi tarpeellinen pysäyttämään laitteen myös silloin, jos testattavan tai muun henkilön jokin kehon osa jäisi puristuksiin liikkuvan voimalevyn alle. Lisäksi voimalevyn alle voisi asentaa suojalevyn, joka pysyisi paikallaan voimalevyn liikkeessä ja estäisi kehon osien joutumista liikkuvan voimalevyn alle. Liikkuvan

voimalevyn ympärille voisi teipata lattiaan näkyvästi varoalueen, jotta ulkopuolinen tilaan tulija huomaisi lattialla olevan tasapainomittauslaitteen.

Kattokiskon kattokiinnityksen parantamiseksi kattokiskon alta pitäisi ottaa äänieristyslevy pois. Tällöin kisko kiinnittyisi suoraan betonikattoon, eikä kiinnitykseen jäisi kiinnitystä heikentävää kerrosta. Kattokiskon kiinnitys olisi lujempi, jos siinä käytettäisiin isompia ankkuripultteja, esimerkiksi M12 koon ankkuripultteja. Näillä ankkuripulteilla olisi suurempi vetolujuus kuin nykyisillä betoniruuveilla (liite A). Lisäksi katto-kiinnitys pitäisi tarkistaa säännöllisesti, ettei se ole päässyt löystymään. Voimalevyä liikuttavan sähkömoottorin säännöllinen kunnossapito ja huoltaminen edesauttavat moottorin turvallista toimintaa. Rombergin ja toiminnallisen tasapainotestin testaustila voisi olla väljempi. Tällöin horjahtaessa tai kaatuessa testattava ei osuisi mihinkään esiineseen. Testipaikalla voisi olla myös pehmuste voimalevyn ja tasapainolaudan ympärillä, jolloin mahdollinen kaatuminen olisi pehmeämpi. Pehmusteena voisi olla voimalevyn/tasapainolaudan molemmin puolin esimerkiksi jumppamatto. EMG-anturin kiinnittämisessä on tärkeää muistaa kertakäyttösuojahanskojen käyttäminen sekä kiinnittämisestä aiheutuvien hioma- ja desinfiointipapereiden hävittäminen suoraan oikeaan hävityspaikkaan ilman välivarastoja, esimerkiksi pöydälle.

4.2 Voimamittaukset

4.2.1 Vaarojen tunnistaminen

Voimamittauksissa vaarat kohdistuvat ihmisten terveyteen. Maksimaalinen voimatesti voi aiheuttaa loukkaantumisen tai äkillisen komplikaation testattavalle. Loukkaantuminen voi olla lihasrevähdyks, lihasvenähdys tai lihaskramppi. Äkillinen komplikaatio voi olla esimerkiksi verenpaineen heilahtelu, pyörtäminen tai sydänpysähdys. Näistä voi seurata hengenvaara tai jopa kuolema. Testattavalle vaarana on myös voimapenkistä tippuminen, josta voi aiheutua ruhje tai murtuma. Jalkavoimapenkissä laitteen kelkka-osa aiheuttaa vaaraa. Se voi pahimmassa tapauksessa pudota testattavan jalan päälle, jolloin jalka puristuu. Seurauksena voi olla murtuma tai jalan katkeaminen.

Voimamittauksessa on samat EMG:n kiinnittämiseen liittyvät vaarat, jotka myös tasapainomittauksissa esitettiin. EMG-anturin kiinnittäminen aiheuttaa vaaraa sekä testattavalle että testaajalle. Testattavan ihoa hiotaan hiomapaperilla, jolloin ihossa esiintyy punoitusta, ihon rikkoutumista ja kirvelyä. Testaajalle puolestaan vaaraa aiheuttaa testattavan ihon hiominen hiomapaperilla sekä tästä johtuvat käytetyt hiomapaperit ja puhdistuspapereit. Hiomisessa ja käytetyissä hiontaravikkeissa vaarana ovat verestä tarttuvat taudit.

4.2.2 Tunnistettujen vaarojen riskiluokat

Voimamittauksissa tunnistetut vaarat on jaettu vaararyhmiin. Vaararyhmiä voimamittauksessa ovat komplikaatio/loukkaantuminen, EMG:n kiinnitys, tippuminen sekä puristuminen. Taulukkoon 2 on merkitty, kuinka monta minkäkin riskiluokan riskiä kullakin vaararyhmällä on. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia määrittäessä ei ole huomioitu nykyisiä turvatoimia.

Taulukko 2 Voimamittausten vaarojen riskiluokat

Vaararyhmä	Riskiluokka				
	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski
Komplikaatio, loukkaantuminen	0	0	1	1	0
EMG:n kiinnitys	0	1	2	0	0
Tippuminen	0	1	0	0	0
Puristuminen	0	0	0	1	0
Yhteensä	0	2	3	2	0

Voimamittauksista löydettiin 7 vaaraa. Näistä vaaroista viisi kuuluu ei-hyväksyttävään riskiluokkaan. Riski on ei-hyväksyttävä, jos se on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön riski. Voimamittauksissa eniten riskiä aiheuttavat komplikaatio/loukkaantuminen-vaararyhmän vaarat. Yksikään voimamittausten vaara ei ole riskiluokaltaan pahin mahdollinen eli sietämätön riski. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia on käytetty avuksi seuraavassa luvussa 4.2.3 riskien hyväksyttävyyttä analysoitaessa. Tunnistetuille vaaroille on selvitetty nykyiset turvatoimet, ja niiden perusteella kunkin vaaran alkuperäistä riskiluokkaa on muutettu.

4.2.3 Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys

Voimamittauksissa riskien pienentämiseksi on tehty useita turvatoimia. Loukkaantumisen estämiseksi ennen testiä tehdään lyhyt alkuverryttely (noin viisi minuuttia). Äkillis-

ten komplikaatioiden välttämiseksi jokaiselle testattavalle tehdään riskikartoitus ennen voimatestiä. Lisäksi loukkaantumisten ja komplikaatioiden varalle on olemassa ensiapuohjeet, ensiapuvälineet sekä kylmäpakkauksia. Voimapenkeistä tippuminen on estetty turvavöillä.

EMG-anturin kiinnittämisestä aiheutuvien riskien pienentämiseksi EMG-anturin kiinnittäjällä on kertakäyttöiset suojakäsineet, jotka estävät verestä tarttuvien tautien pääsemistä kiinnittäjän iholle. Samalla käsineet myös estävät bakteerien/virusten leviämistä testattavaan. Lisäksi testattavalla on käytössä käsienpesupiste sekä desinfiointiaine käsien puhdistamiseen. Testattavan iho puhdistetaan desinfiointiaineella hiomisen jälkeen, jotta hioma-alueesta ei pääse bakteereja/viruksia testattavaan. EMG-anturin kiinnityksestä aiheutuville hiomapaperille ja desinfiointipaperille on olemassa roskakori ja tartunta-vaarallisen jätteen oma keräysastia.

Liitteen C taulukossa 8 on sarake riskin suuruudelle. Siihen on määritetty kunkin vaaran riski huomioiden nykyiset varautumiskeinot. Kaikki riskit tulee saada hyväksyttävälle tasolle. Riski on hyväksyttävällä tasolla, jos se on merkityksetön tai vähäinen. Samassa taulukossa 8 on myös ”täytyykö tehdä jotain” -sarake. Jos sarakkeeseen on kirjoitettu Ei, nykyisten turvatoimien jälkeen riski on hyväksyttävällä tasolla. Jos sarakkeessa on merkintä Kyllä, riski ei ole nykyisistä turvatoimista huolimatta vielä hyväksyttävällä tasolla. Jotta riskit saadaan hyväksyttävälle tasolle, tarvitaan lisää turvatoimia. Kunkin vaaran lisäturvatoimet on merkitty taulukon 8 sarakkeeseen parannusehdotukset ja niitä käsitellään tarkemmin luvussa 4.2.4. Muutama riski on lisäksi saanut parannusehdotuksia, vaikka ne ovat entuudestaan jo hyväksyttävällä tasolla.

Voimamittauksen riskeistä neljä on nykyisten turvatoimien jälkeen hyväksyttävällä tasolla. Hyväksyttäviä riskejä ovat EMG-anturin kiinnittäminen testattavaan, EMG-anturin kiinnittäminen testaajan kannalta, EMG-anturin kiinnityksestä aiheutuvat hiomapaperit ja puhdistuspaperit sekä voimapenkistä tippuminen. Loukkaantuminen, äkillinen komplikaatio ja jalkavoimapenkissä kelkan alle puristuminen ovat riskejä, jotka nykyisin varautumiskeinoin eivät ole vielä hyväksyttävällä tasolla.

4.2.4 Turvallisuuden kehittäminen

Voimamittausten turvallisuuden parantamiseksi ja nykyisten turvatoimien jälkeen ei-hyväksyttävälle tasolle jääneiden riskien saamiseksi hyväksyttävälle tasolle voimamittaukseen on esitetty parannusehdotuksia. Loukkaantumisten vähentämiseksi alkuverryttelyn kesto voisi olla pidempi. Tällöin lihakset lämpiäisivät enemmän, jolloin lihasten revähdyksen ja venähdysten mahdollisuus pienenesi. Äkillisten komplikaatioiden varalle pitäisi hankkia defibrillaattori ja ensiapulääkkeet ensiapukaappiin. Lisäksi henkilöstön säännöllinen ensiapukoulutus on tärkeää, jotta hätätilanteessa osataan toimia oikein. EMG-anturin kiinnittämisessä on tärkeää muistaa kertakäyttösuojakäsineiden käyttämi-

nen sekä kiinnittämisestä aiheutuvien hioma- ja desinfiointipapereiden hävittäminen suoraan oikeaan hävityspaikkaan ilman välivarastoja, esimerkiksi pöydälle.

Jalkavoimapenkin turvallisuuden parantamiseksi laitteen alaosan kiskoihin pitäisi asentaa esteet, jotka estävät kelkkaosan pääsemisen maahan asti. Tällöin kelkan ja lattian väliin jäisi tilaa jaloille, vaikka kelkka pääsisikin tippumaan voimallaan kiskoja pitkin alas. Lattian ja kelkan väliin jäävä tila estäisi kelkkaa katkomasta tai murtamasta testattavan jalkaa/jalkoja. Esteiden täytyy olla tarpeeksi kestävä, jotta painava kelkka ei murene niitä, esimerkiksi metalliset paksut tapit hitsattuna kiskoon tai lävistettynä ja kiinnitettynä kiskon läpi.

4.3 Sähköstimulaatio

4.3.1 Vaarojen tunnistaminen

Sähköstimulaatiossa vaarat kohdistuvat ihmisen terveyteen. Annettaessa sähköimpulsseja ihmiseen on olemassa äkillisen komplikaation vaara. Impulssi voi aiheuttaa sydänperäisiä ongelmia, joista voi aiheutua hengenvaara tai jopa kuolema. Sähköstimulaatiossa vaarana on myös epileptikon, sydänpotilaan tai raskaana olevan stimulointi. Kyseisten henkilöiden stimuloinnissa seurauksena voivat olla epileptinen kohtaus, sydänoireiden ilmeneminen, kuolema tai sikiölle koituvat haitat. Pään, silmien, rintakehän, selkärangan ja kaulavaltimon alueen stimuloiminen on vaarallista. Niissä seurauksia voivat olla aivojen toimintahäiriö, komplikaatiot, kuolema, näön häiriöt tai vaikutukset verenpaineeseen. Sähköstimulaatiossa vaarana on väärä stimuloitava impulssi. Liian suuri impulssi voi aiheuttaa kipua ja lihasrevähdyksen. Stimuloitaessa elektrodit voivat olla kiinni väärissä paikoissa. Tällöin stimuloitava voi saada väärän stimulaation ja tuntea kipua. Myös liian pienikokoisen elektrodin käyttäminen samaan aikaan suuren impulsin kanssa on vaara. Tällöin stimuloitavan iholle voi syntyä palovamma.

Sähköstimulaattori on sähkölaite, joten siinä on sähköiskun vaara. Laitteen käyttäminen kenttäoloissa sisältää vaaroja. Epätavalliset käyttöolosuhteet (esimerkiksi liika kosteus laitteelle) voivat aiheuttaa sähköiskun vaaran. Lisäksi kenttäoloissa saatava sähkövirta voi olla vaihtelevaa, joten laitteen antama stimulointiarvo voi hieman vaihdella.

4.3.2 Tunnistettujen vaarojen riskiluokat

Sähköstimulaatiossa tunnistetut vaarat on jaettu vaararyhmiin. Vaararyhmiä sähköstimulaatiossa ovat sähkö, komplikaatio/terveyshaitat sekä elektrodien väärä kiinnitys/impulssi. Taulukkoon 3 on merkitty, kuinka monta minkäkin riskiluokan riskiä kullakin vaararyhmällä on. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia määrittäessä ei ole huomioitu nykyisiä turvatoimia.

Taulukko 3 Sähköstimulaation vaarojen riskiluokat

Vaararyhmä	Riskiluokka				
	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski
Sähkö	0	1	1	0	0
Komplikaatio/ terveyshaitat	0	0	0	3	0
Elektrodien väärä kiinnitys/ impulssi	1	2	0	0	0
Yhteensä	1	3	1	3	0

Sähköstimulaatiossa havaittiin kahdeksan vaaraa. Näistä vaaroista neljä kuuluu ei-hyväksyttävään riskiluokkaan. Riski on ei-hyväksyttävä, jos se on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön riski. Sähköstimulaatiossa eniten riskiä aiheuttavat komplikaatio/terveyshaitat -vaararyhmän vaarat. Yksikään sähköstimulaation vaara ei ole riskiluokaltaan pahin mahdollinen eli sietämätön riski. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia on käytetty apuna seuraavassa luvussa 4.3.3 riskien hyväksyttävyyttä analysoitaessa. Tunnistetuille vaaroille on selvitetty nykyiset turvatoimet, ja niiden perusteella kunkin vaaran alkuperäistä riskiluokkaa on muutettu.

4.3.3 Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys

Sähköstimulaation riskien pienentämiseksi on nyt käytössä useita turvatoimia. Stimulaattori on CE-merkitty laite ja siinä on kaikki suojat paikoillaan, joten laitteen aiheuttama sähköiskuvaara on minimissään. Kenttäolosuhteita varten sähköstimulaattoriin on hankittu suojaerotusmuuntaja. Suojaerotusmuuntaja erottaa laitteen maavirtapiiristä, ja näin vähentää sähköiskun mahdollisuutta. Lisäksi kenttäolosuhteita varten on olemassa kannettava ensiapureppu.

Ennen sähköstimulaatiota stimuloitavalle henkilölle tehdään riskikartoitus, jotta välttäisiin äkillisiltä komplikaatioilta. Riskikartoituksessa selvitetään, voiko kyseiselle henkilölle antaa stimulaatiota. Näin saadaan selville stimulaation estävä sairaus tai vastaava este. Jos riskikartoituksessa selviää jokin riskitekijä, stimulaation antaminen on kiellet-

ty. Äkillisen komplikaation varalle on myös olemassa ensiapuohje. Liian suuren impulssin tai väärin sijoitettujen elektrodien aiheuttamia haittoja ehkäistään aloittamalla stimulaatio aina pienistä impulsseista. Sähköstimulaattorissa on rajoitettu pulssin kesto ja maksimijännite, jotta liian suuria impulsseja ei tapahtuisi. Mahdollisiin stimulaation vammoihin varaudutaan ensiapuvälineillä, ensiapuohjeilla ja kylmäpakkauksilla. Stimuloinnissa käytetään myös riittävän kokoisia elektrodeja, jotta vältetään liian pienen elektrodin aiheuttamalta palovammariskiltä. Vaarallisten stimulaatioalueiden (pään, silmien, rintakehän, kaulavaltimon ja selkärangan alue) aiheuttaman riskin välttämiseksi stimulaattoria käytetään vain raajojen stimuloimiseen.

Liitteen D taulukossa 9 on sarake riskin suuruudelle. Siihen on määritetty kunkin vaaran riski huomioiden nykyiset varautumiskeinot. Kaikki riskit tulee saada hyväksyttävälle tasolle. Riski on hyväksyttävällä tasolla, jos se on merkityksetön tai vähäinen. Taulukossa 9 on myös ”täytyykö tehdä jotain” -sarake. Jos sarakkeeseen on kirjoitettu Ei, nykyisten turvatoimien jälkeen riski on hyväksyttävällä tasolla. Jos sarakkeessa on merkintä Kyllä, riski ei ole nykyisistä turvatoimista huolimatta vielä hyväksyttävällä tasolla. Jotta riskit saadaan hyväksyttävälle tasolle, tarvitaan lisää turvatoimia. Kunkin vaaran lisäturvatoimet on merkitty taulukon 9 sarakkeeseen parannusehdotukset ja niitä käsitellään tarkemmin luvussa 4.3.4. Muutama riski on lisäksi saanut parannusehdotuksia, vaikka ne ovat entuudestaan jo hyväksyttävällä tasolla.

Sähköstimulaatiossa on monia riskejä, jotka ovat nykyisten turvatoimien jälkeen hyväksyttävällä tasolla. Hyväksyttäviä riskejä ovat sähköisku, laitteen käyttäminen kenttäoloissa, elektrodien kiinnittäminen väärään paikkaan, liian suuri stimuloitava impulssi sekä liian pienen elektrodin käyttäminen. Nykyisten turvatoimien jälkeen ei hyväksyttävälle tasolle jääviä riskejä ovat äkillinen komplikaatio, väärän alueen (pään, silmien, rintakehän, selkärangan tai kaulavaltimon alueen) stimuloiminen sekä riskialttiin henkilön (epileptikon, sydänpotilaan tai raskaana olevan) stimuloiminen.

4.3.4 Turvallisuuden kehittäminen

Sähköstimulaation turvallisuuden parantamiseksi ja nykyisten turvatoimien jälkeen ei hyväksyttävälle tasolle jääneiden riskien saamiseksi hyväksyttävälle tasolle sähköstimulaatiolle on esitetty parannusehdotuksia. Sähköstimulaattori pitää huoltaa ja kunnossapitää säännöllisesti, jotta siinä ei esiinny toimintahäiriöitä. Äkillisten komplikaatioiden varalle pitäisi hankkia defibrillaattori ja ensiapulääkkeet ensiapukaappiin. Lisäksi henkilöstön säännöllinen ensiapukoulutus on tärkeää, jotta äkillisessä tilanteessa osataan toimia oikein.

Sähköstimulaattoria käyttävien säännöllinen kouluttaminen on tärkeää, jotta vältetään elektrodien väärältä sijoittelulta, väärin alueiden stimuloinnilta ja väärin henkilöiden stimuloinnilta. Lisäksi on muistettava nollata stimulaattorin säädöt käytön jälkeen, jotta seuraava käyttäjä ei huomaamatta anna väärää tai liian suurta stimulaatiota stimuloita-

valle. Tärkeää on myös aloittaa stimuloiminen aina pienillä impulsseilla ja vasta sitten nostaa impulssien suuruutta stimuloitavan tuntemusten mukaan. Vaikka stimulaattoria käytetään vain raajojen stimuloimiseen, stimulaattorissa tai sen säilytyskassassa voisi olla huomiomerkinä varoittamassa vaarallisten alueiden (pään, silmien, selkärangan, kaulavaltimon ja rinnan alue) stimuloinnista. Merkinä voisi olla lisänä myös muistutus stimulaatioon turvallisuussyistä soveltumattomista henkilöistä. Merkinä muistutaisi varsinkin laitetta harvakseltaan käyttäviä stimulaation rajoituksista.

4.4 Suksen liikutuslaite

4.4.1 Vaarojen tunnistaminen

Suksen liikutuslaitteessa on useita vaaroja. Suksen testauksessa laitteesta kuuluu melua. Kontin puolella suksen liikuessa melu on 93dB. Suksen liikutuslaitteen ohjaamon puolella melu on 80-85 desibeliä riippuen liikkuvan suksen sijainnista. Melua aiheuttaa kontin tuuletin, kompressori sekä laitteen liikkuvat osat. Melu voi aiheuttaa testaajalle kuulovaurion varsinkin pitkän altistuksen aikana. Lisäksi melu on häiritsevää ääntä. Testin aikana ladulle meneminen/kurkottelu on myös vaara. Tällöin suksi ja suksen liikutusosa voivat osua ihmiseen. Seurauksena voi olla ruhje, murtuma, päähän kohdistuva isku tai jopa kuolema. Suksi tai suksiside voi irrota testin aikana. Jos suksi irtoaa, se iskeytyy kompressoriin tai mahdolliseen henkilöön laitteen takana.

Suksen liikutuslaitteen vaaroja ovat myös laitteen ja suksen väliin puristuminen suksen kiinnityskohdassa, kontin kova tuuletus sekä pyörivään hihnaan osuminen. Laitteen ja suksen väliin puristumisessa seurauksena voi olla ruhje tai murtuma. Tuulettimen lähellä/alla työskentely voi aiheuttaa lihasten kiristymistä tai vilustumisen. Suksen liikutuslaitetta liikuttavaan hihnaan osuminen voi aiheuttaa haavan tai ruhjeen testaajalle.

Paineilman käyttäminen tuo mukanaan vaaroja. Väärin käsiteltynä tai järjestelmän vaurioiden aikana paineilmaa voi joutua elimistöön. Elimistöön joutuessaan paineilma aiheuttaa hengenvaaran. Seurauksena voi olla keuhkovaurio, verisuonien tukkeutuminen, mahan ja suoliston vauriot, tajuttomuus, halvaantuminen tai jopa kuolema. Järjestelmän liian suuri paine on vaara. Jos järjestelmää käytetään ylipaineella, järjestelmä voi vaurioitua. Suksien liikutuslaite on sijoitettu kylmää konttiin, jossa on pakkasta. Paineilmalaitteiden toiminta kylmässä voi heikentyä. Pakkanen voi aiheuttaa laiterikon ja siten paineilma pääsee vapautumaan testaustilaan ja altistamaan henkilön paineilman vaaroille.

4.4.2 Tunnistettujen vaarojen riskiluokat

Suksen liikutuslaitteessa tunnistetut vaarat on jaettu vaararyhmiin. Vaararyhmiä suksen liikutuslaitteessa ovat melu, mekaaniset vaarat, paineilma sekä lämpötila. Taulukkoon 4

on merkitty, kuinka monta minkäkin riskiluokan riskiä kullakin vaararyhmällä on. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia määrittäessä ei ole huomioitu nykyisiä turvatoimia.

Taulukko 4 Suksen liikutuslaitteen vaarojen riskiluokat

Vaararyhmä	Riskiluokka				
	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski
Melu	0	0	0	1	0
Mekaaniset vaarat	0	1	2	1	0
Paineilma	0	3	0	0	0
Lämpötila	1	0	0	1	0
Yhteensä	1	4	2	3	0

Suksen liikutuslaitteesta löydettiin 10 vaaraa. Näistä vaaroista 5 kuuluu ei-hyväksyttävään riskiluokkaan. Riski on ei-hyväksyttävä, jos se on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön riski. Suksen liikutuslaitteessa eniten riskiä aiheuttavat mekaaniset vaarat. Lisäksi melu sekä lämpötila -vaararyhmät aiheuttavat merkittävän riskin. Yksikään suksen liikutuslaitteen vaara ei ole riskiluokaltaan pahin mahdollinen eli sietämätön riski. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia on käytetty apuna seuraavassa luvussa 4.4.3 riskien hyväksyttävyyttä analysoitaessa. Tunnistetuille vaaroille on selvitetty nykyiset turvatoimet, ja niiden perusteella kunkin vaaran alkuperäistä riskiluokkaa on muutettu.

4.4.3 Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys

Suksen liikutuslaitteen riskien pienentämiseksi on käytössä nyt useita turvatoimia. Melun torjumiseksi on yhdet kuulosuojaimet. Laitteessa on muutamia sivuttaisia pystytukia, joiden kohdalta ladulle ei pääse menemään tai kurkottelemaan. Tästä huolimatta laitteeseen jää vielä kohtia, joista ladulle voi mennä tai kurkotella. Paineilman riskien pienentämiseksi kompressorin ja painekeytkin ovat CE-merkittyjä. Lisäksi järjestelmä kytketään paineettomaksi, kun sitä ei käytetä. Painekeytkin estää liian suuren paineen syntymisen järjestelmään. Pakkaslämpötilan vaarojen välttämiseksi järjestelmän kompressorin ja painekeytkimen toimintalämpötilat ulottuvat pakkaselle. Kompressorin val-

mistaja lupaa laitteen toimintalämpötilaksi -10 - +40 Celsius-astetta (Silentaire 2005). Painekeytkimen valmistaja puolestaan lupaa painekeytkimen toimintalämpötilaksi -5 - +80 Celsius-astetta (Condor Benelux 2016).

Liitteen E taulukossa 10 on sarakke riskin suuruudelle. Siihen on määritetty kunkin vaaran riski huomioiden nykyiset varautumiskeinot. Kaikki riskit tulee saada hyväksyttävälle tasolle. Riski on hyväksyttävällä tasolla, jos se on merkityksetön tai vähäinen. Taulukossa 10 on myös ”täytyykö tehdä jotain” -sarake. Jos sarakkeeseen on kirjoitettu Ei, nykyisten turvatoimien jälkeen riski on hyväksyttävällä tasolla. Jos sarakkeessa on merkintä Kyllä, riski ei ole nykyisistä turvatoimista huolimatta vielä hyväksyttävällä tasolla. Jotta riskit saadaan hyväksyttävälle tasolle, tarvitaan lisää turvatoimia. Kunkin vaaran lisäturvatoimet on merkitty taulukon 10 sarakkeeseen parannusehdotukset ja niitä käsitellään tarkemmin luvussa 4.4.4. Muutama riski on lisäksi saanut parannusehdotuksia, vaikka ne ovat entuudestaan jo hyväksyttävällä tasolla.

Suksen liikituslaitteen hyväksyttäviä vaaroja ovat kova tuuletus, liian suuri käyttöpaine ja paineilman käyttäminen. Nykyisten turvatoimien jälkeen ei-hyväksyttävällä tasolla olevia vaaroja ovat melu, ladulle meneminen/kurkottelu testin aikana, suksen/siteen irtoaminen, suksen ja laitteen väliin puristuminen suksen kiinnityskohdassa, pyörivään hihnaan osuminen, paineellisten letkujen hajoaminen ja painelaitteiden pakkasessa käyttäminen.

4.4.4 Turvallisuuden kehittäminen

Suksen liikituslaitteen turvallisuuden parantamiseksi ja nykyisten turvatoimien jälkeen ei-hyväksyttävälle tasolle jääneiden riskien saamiseksi hyväksyttävälle tasolle suksen liikituslaitteelle on esitetty parannusehdotuksia. Melun haittojen välttämiseksi kuulosuojaimia tulisi olla useita. Tällöin kaikille testaajille ja mahdolliselle yleisölle olisi kuulosuojaimet. Suksen liikituslaitteessa voisi olla enemmän sivuttaisesteitä tai nykyisten sivuttaistukien väliin voisi kiinnittää metalliverkkoa estämään ladulle menemistä ja ladulle kurkottelua. Suksien siteiden kiinnitys tulisi tarkastaa säännöllisesti, jotta siteet pysyisivät kiinni suksissa. Lisäksi laitteen taakse ei saa mennä ihmisiä laitteen ollessa toiminnassa, jotta mahdollinen irtoava suksi ei osuisi henkilöihin.

Kylmäkonttiin tulisi hankkia ensiapuvälineet ja kylmäpakkaus, jotta mahdollisia pieniä vammoja voidaan heti hoitaa. Suksen ja laitteen väliin puristumisen estämiseksi suksen liikituslaitetta ohjaavalla tietokoneella ei saisi olla ketään suksen kiinnitysvaiheessa. Tällöin välttyään liian aikaiselta laitteen käynnistykseltä ja suksen kiinnittäjän sormet välttyvät puristumiselta. Tuulettimen aiheuttamaa vilustumisen ja lihasten kiristymisen riskiä saadaan pienennettyä lämpimällä pukeutumisella ja tuulettimen alla olon välttämällä.

Painelaitteet täytyy huoltaa ja kunnossapitää säännöllisesti, jotta niiden toiminta olisi mahdollisimman varmaa. Jos paineletku pääsee hajoamaan, laite on ensin kytkettävä paineettomaksi sekä virrattomaksi ja vasta sitten mentävä tutkimaan vikaantunutta kohtaa. Näin vältetään mahdolliselta paineilman joutumiselta elimistöön. Säännöllisellä kunnossapidolla ja huollolla myös havaitaan, jos pakkasella oleva ilma aiheuttaa järjestelmässä jäätymistä tai muuta ongelmaa. Kompressorin voisi myös sijoittaa lämpimämmälle puolelle konttia eli plus- asteiselle puolelle, jotta kompressor ei kärsisi pakkasesta. Kompressorin siirtoa on mietittävä varsinkin silloin, jos suksien testaamista lisätään yleisintä testauslämpötilaa (0- -5 Celsius-astetta) kylmemmissä oloissa. Suksien testauslaitetta pyörittävä hihna pitäisi suojata suojuksella, jotta kukaan ei vahingossa osuisi tai horjahtaisi pyörivään hihnaan.

4.5 Sauvamittaukset

4.5.1 Vaarojen tunnistaminen

Sauvamittauksissa vaaraa aiheuttaa mahdollinen lentävä sauva tai katkeavan sauvan lentävät osat. Lentävä sauva/sauvan osat voivat aiheuttaa silmävaurion, ruhjeen tai murtuman. Vaarana on myös se, että sauvatestitilaan saapuu ulkopuolisia henkilöitä. Nämä henkilöt eivät välttämättä tiedä sauvatestauksen mahdollisuudesta, eivätkä täten voi varautua mahdolliseen lentävään sauvaan tai sauvan paloihin.

Sauvamittauksissa sauvan asettaminen testilaitteeseen aiheuttaa puristumisvaaran testajan sormille. Testaaja pitää sauvaa sauvamittauslaitteessa niin kauan, että laitteen puristava osa saa sauvan jäämään paikalleen laitteeseen. Puristumisvaaran seurauksena voi olla ruhje tai pieni murtuma sormiin. Sauvamittauslaitetta liikuttaa sähkömoottori. Sähkölaitteissa on aina olemassa sähköiskun vaara.

4.5.2 Tunnistettujen vaarojen riskiluokat

Sauvamittauksissa tunnistetut vaarat on jaettu vaararyhmiin. Vaararyhmiä sauvamittauksessa ovat mekaaniset vaarat, sähkö sekä ulkopuolisen saapuminen. Taulukkoon 5 on merkitty, kuinka monta minkäkin riskiluokan riskiä kullakin vaararyhmällä on. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia määrittäessä ei ole huomioitu nykyisiä turvatoimia.

Taulukko 5 Sauvamittauksen vaarojen riskiluokat

Vaararyhmä	Riskiluokka				
	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski
Mekaaniset vaarat	0	0	1	2	0
Sähkö	0	0	1	0	0
Ulkopuolisen saapuminen	0	0	1	0	0
Yhteensä	0	0	3	2	0

Sauvamittauksissa havaittiin 5 vaaraa. Kaikki vaarat kuuluvat ei-hyväksyttävään riskiluokkaan. Riski on ei-hyväksyttävä, jos se on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön riski. Sauvamittauksessa eniten riskiä aiheuttavat mekaaniset vaarat. Yksikään sauvamittausten vaara ei ole riskiluokaltaan pahin mahdollinen eli sietämätön riski. Tunnistettujen vaarojen riskiluokkia on käytetty apuna seuraavassa luvussa 4.5.3 riskien hyväksyttävyyttä analysoitaessa. Tunnistetuille vaaroille on selvitetty nykyiset turvatoimet, ja niiden perusteella kunkin vaaran alkuperäistä riskiluokkaa on muutettu.

4.5.3 Nykyiset turvatoimet ja riskien hyväksyttävyys

Sauvamittauslaitteessa ei ole käytössä montaa turvatoimea. Nykyisinä turvatoimina ovat lukollinen testaustila ja CE-merkitty sähkömoottori, jossa on suojat paikallaan. Lukollinen testitila estää avaimettomia ulkopuolisia saapumasta testitilaan kesken testien. Sauvamittauslaitteen ohitse on kuitenkin kulku Vuokatti Sport Testiasema Oy:n kuntotestitiloihin, joten ovi ei voi olla lukittuna, jos testiasemalla pidetään kuntotestejä. Lisäksi sauvamittauslaitteen kanssa samassa tilassa on muitakin mittaus- ja testilaitteita, joiden luokse voi kulkea ihmisiä. CE-merkitty sähkömoottori, jossa on suojakuoret paikallaan, on puolestaan turvatoimi sähköiskuvaaraa vastaan.

Liitteen F taulukossa 11 on sarake riskin suuruudelle. Siihen on määritetty kunkin vaaran riski huomioiden nykyiset varautumiskeinot. Kaikki riskit tulee saada hyväksyttävälle tasolle. Riski on hyväksyttävällä tasolla, jos se on merkityksetön tai vähäinen. Taulukossa 11 on myös ”täytyykö tehdä jotain” -sarake. Jos sarakkeeseen on kirjoitettu Ei, nykyisten turvatoimien jälkeen riski on hyväksyttävällä tasolla. Jos kyseisessä sa-

rakkeessa on merkintä Kyllä, riski ei ole nykyisistä turvatoimista huolimatta vielä hyväksyttävällä tasolla. Jotta riskit saadaan hyväksyttävälle tasolle, tarvitaan lisää turvatoimia. Kunkin vaaran lisäturvatoimet on merkitty taulukon 11 sarakkeeseen parannusehdotukset, ja niitä käsitellään tarkemmin luvussa 4.5.4. Muutama riski on lisäksi saanut parannusehdotuksia, vaikka ne ovat entuudestaan hyväksyttävällä tasolla.

Sauvamittauksissa yksi riski on hyväksyttävällä tasolla. Se on sähkömoottorin sähköiskun vaara. Muut riskit ovat ei-hyväksyttävällä tasolla. Ei-hyväksyttäviä riskejä ovat katkeavan sauvan lentävät osat, lentävä sauva, ulkopuolisen saapuminen paikalle sekä sormien puristumisvaara sauvan ja laitteen väliin.

4.5.4 Turvallisuuden kehittäminen

Sauvamittausten turvallisuuden parantamiseksi ja nykyisten turvatoimien jälkeen ei-hyväksyttävälle tasolle jääneiden riskien saamiseksi hyväksyttävälle tasolle sauvamittaukselle on esitetty parannusehdotuksia. Sauvamittauslaitteen ympärille voisi rakentaa metallisen avattavan verkkohäkin, jolloin lentävä sauva tai lentävät sauvan palaset jäisivät siihen, eivätkä lentäisi kenenkään päälle. Jos häkki olisi avattava, laitteeseen olisi helppo vaihtaa seuraava sauva testiin. Sauvatestaustilassa olisi hyvä olla ensiapuvälinekaappi ja kylmäpakkaus, jos jokin pieni vamma sattuu. Testauksen aikana pitäisi myös käyttää suojalaseja, jotka suojaisivat silmiä mahdollisilta lentäviltä sauvan palasilta.

Sauvamittauslaitteeseen voisi kytkeä hätäseisäkytkimen, jota painamalla laite lopettaisi sauvan puristamisen. Tällöin testaaja voisi yksin testatessaankin itse keskeyttää testin, jos sormi jäisi sauvaa laitteeseen asettaessa puristuksiin. Sähkömoottorin säännöllinen kunnossapito ja tarkistaminen vähentävät laitteen toimintavirheitä ja sähköiskun vaaraa.

Sauvatestauksen aikana tilan oveen voisi laittaa varoituskyltin, joka ilmoittaa sauvatestien käynnissä olosta. Testien aikana ovi olisi hyvä olla kiinni, jotta ulkopuolisia ei pääsisi tulemaan testitilaan. Lisäksi sauvatestauksen aikana muiden lähellä olevien testi- ja mittauslaitteiden käyttöä tulisi välttää, jotta mahdolliset lentävät sauvan palaset/sauva eivät pääse vahingoittamaan ihmisiä. Ulkopuolisten tilaan tuleminen on riski varsinkin silloin, jos sauvamittauslaitteen ympärille ei ole rakennettu suojaavaa metallihäkkiä. Jos metallihäkki rakennetaan laitteen ympärille, ulkopuolisten tilaan saapuminen ei ole yhtä vaarallista kuin ennen.

4.6 Laitteiden vaarallisuuden vertailu

Taulukkoon 6 on listattu kaikki työssä olevat liikuntateknologian laitteet. Lisäksi siihen on taulukoitu, kuinka monta minkäkin riskiluokan riskiä laitteissa on. Riskiluokkien määrittelyssä on huomioitu nykyiset turvatoimet. Määrittelyssä ei ole huomioitu työssä

esitettyjen turvallisuuden parannusehdotuksien riskejä pienentävää vaikutusta. Mukaan on laskettu sekä laitteesta että sen käytöstä aiheutuvat riskit.

Taulukko 6 Laitteiden vaarallisuuden vertailu

Laite	Riskiluokka				
	Merkityksetön riski	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski
Tasapainon mitauslaite	2	6	2	1	0
Voimapenkki olkavarren ja reiden lihaksille	2	3	1	0	0
Voimapenkki säären ja pohkeen lihaksille	2	3	1	0	0
Voimapenkki jalkalihaksille	2	3	1	1	0
Sähköstimulaattori	4	1	2	1	0
Suksen liikutuslaite	3	2	4	1	0
Sauvamittauslaite	0	1	2	2	0

Kuten taulukosta 6 nähdään, kaikissa laitteissa on nykyisistä turvatoimista huolimatta ei-hyväksyttävissä riskiluokissa olevia riskejä (taulukossa ei ole huomioitu työssä esitettyjä turvallisuuden parannusehdotuksia). Riski on ei-hyväksyttävä, jos se on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön riski. Yhdessäkään laitteessa ei ole sietämätöntä riskiä. Jos vaarallisin laite valitaan merkittävien riskien lukumäärän perusteella, vaarallisin laite on sauvamittauslaite (kaksi merkittävää riskiä). Jos vaarallisuuden määrittää ei-hyväksyttävällä tasolla olevien riskien lukumäärä, vaarallisin laite on suksen liikutuslaite (5 ei-hyväksyttävää riskiä). Vähiten vaarallisia laitteita ovat voimapenkki olkavarren ja reiden lihaksille sekä voimapenkki säären ja pohkeen lihaksille. Näillä

laitteilla on vain yksi ei-hyväksyttävä riski. Kun edellisissä luvuissa esitetty turvallisuuden parannusehdotukset liikuntateknologian laitteille on toteutettu, laitteiden riskiluokat pienenevät.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Ensin työssä etsittiin liikuntateknologian latteiden aiheuttamia vaaroja ja onnettomuusmahdollisuuksia. Erilaisia vaaroja ja onnettomuusmahdollisuuksia löytyi useita. Suurin osa löydetyistä vaaroista kohdistuu ihmisiin, etenkin testattavaan ja testaajaan. Merkittäviä vaaroja on jokaisessa työhön kuuluvassa liikuntateknologian laitteessa. Tasapainomittauksissa merkittävimpiä vaaroja ovat kaatuminen ja horjahtaminen sekä turvaväljaiden kattokiinnityksen peittäminen. Voimamittauksissa ja sähköstimulaatiossa suurimpia vaaroja ovat äkillinen komplikaatio, jalkavoimapenkissä kelkan alle puristuminen ja väärän henkilön tai alueen stimuloiminen. Suksien liikutuslaitteessa merkittävimpiä vaaroja ovat melu, testaajan tai katsojan ladulle meneminen/kurkottelu, käden puristuminen suksea kiinnittäessä sekä painelaitteiden käyttö kylmässä. Sauvamittauksissa suurimman vaaran aiheuttaa mahdollinen lentävä sauva tai katkeavan sauvan osat.

Osa havaituista riskeistä on nykyisten turvatoimien jälkeen hyväksyttävällä tasolla. Mutta osa riskeistä tarvitsee vielä lisäturvatoimia, jotta ne saadaan hyväksyttävälle tasolle. Merkittävimpiä tuloksia ovat olemassa olevien riskien selvittäminen sekä parannuskeinot liikuntateknologian laitteiden turvallisuuden parantamiseksi. Olemassa olevien riskien selvittäminen auttaa ymmärtämään eri laitteiden käytössä esiintyvät riskit, jolloin ne osataan ottaa huomioon laitetta käytettäessä. Liikuntateknologian laitteiden turvallisuuden parannusehdotukset ovat puolestaan merkittäviä siksi, että niillä laitteiden turvallisuutta saadaan parannettua ja turvallisuuspuutteita korjattua. Turvatoimien lisääminen vähentää onnettomuuksien todennäköisyyttä sekä niiden seurauksia. On kuitenkin muistettava, että lukuisista turvatoimista huolimatta onnettomuuksia voi edelleen sattua.

Alustava vaara-analyysi sopii laitteiden turvallisuuden tarkasteluun. Sillä saadaan selville laitteen suurimmat riskit. Kaikkein pienimpien yksityiskohtien etsimiseen se ei välttämättä sovellu, mutta tässä työssä sillä päästään riittävälle tasolle. Analyysillä saatiin selville lukuisia riskejä. Riskien suuruuden määrittämisessä vaaran seuraukset arvioitiin pahimman mahdollisen seurauksen mukaan, jotta suurimmat riskit varmasti löytyisivät. Tulosten tulkinnassa on kuitenkin huomioitava se, että tapahtuneesta vaarasta ei aina seuraa pahin mahdollinen seuraus. Analyysi voi antaa osalle riskeistä suuremman riskiluokan, koska riskin suuruuden määrittelyssä käytetty tapahtuman todennäköisyys on yleensä suurempi kuin pahimman mahdollisen seurauksen todennäköisyys. Riskianalyysin on tehnyt opiskelija teknillisen yliopiston tarjoamien kurssien ja harjoitustöiden pohjalta. Lisäksi apuna työtä tehdessä on ollut liikuntateknologian yksikön insinöörejä. Riskianalyysiin olisi mahdollisesti voinut tulla uusia näkökulmia, jos työtä olisi tehty pienenä ryhmänä tai tekijä olisi ollut jo kokenut alan ammattilainen.

Turvavaljaiden kattokiinnityksen lujuus oli hankala varmistaa, sillä kattokiskon ja betonikaton välissä olevat äänieristelevyt vähentävät kiinnityspinta-alaa. Lisäksi kiinnityksessä käytettyjen betoniruuvi- ja lankalankojen lujuustietoja ei ollut olemassa, ja siksi laskuissa käytettiin erään valmistajan tarjoamia lujuustietoja. Myös turvavaljaisiin kohdistuvaa voimaa kaatumistilanteessa oli vaikea arvioida. Putoamis- ja pysähtymismatka on vaikea arvioida, koska kaatumisesta aiheutuu aina jonkinlainen heilahdus. Laskuissa ilmeni kuitenkin se, että turvavaljaisiin, turvaköyteen ja kiinnityksiin kaatumistilanteessa kohdistuvat voimat ovat moninkertaisesti ihmisen painoa suuremmat.

Työn tuloksia voidaan pitää luotettavina ja oikeina. Riskien selvittämiseksi laitteisiin liittyvään taustatietoon (muun muassa standardeihin, direktiiveihin, tieteellisiin artikkeleihin ja Kuntotestauksen käsikirjaan) tutustuttiin huolella. Lisäksi jokaiseen laitteeseen perehdyttiin yksikön insinöörin opastuksella. Riskien suuruuden määrittelyssä osalle riskeistä on voinut määrittyä todellista suurempi suuruus, koska riskin määrittelyssä käytettiin tapahtuman maksimaalista seurausta sekä todennäköisyyttä. Tämä ei kuitenkaan heikennä työn luotettavuutta, vaan varmistaa sen, että suurimmat riskit varmasti löydetään. Jos työn riskien analysoinnissa olisi käytetty jotain muuta riskien analysointimenetelmää kuin alustavaa vaara-analyysiä, liikuntateknologian laitteista olisi voinut mahdollisesti löytyä lisää riskejä tai yksityiskohtaisempia riskejä. Tähän työhön alustavan vaara-analyysin tulokset ovat kuitenkin riittävän laajoja, koska analysoitavana oli useita laitteita, joiden turvallisuutta ei ollut ennen arvioitu.

Riskien suuruuksien määrittelyssä riskimatriisin käyttö heikentää riskien luokittelun luotettavuutta. Vaikka riskimatriisien käyttöä suositellaan riskienhallintastandardeissa, riskimatriisi voi antaa virheellisiä tuloksia. Riskimatriisin antamaan tulokseen vaikuttavat matriisin käyttäjän omat näkemykset riskin seurauksista ja todennäköisyydestä. Riskimatriisissa erilaiset riskit voivat kuulua samaan riskiluokkaan. Esimerkiksi epätodennäköinen vakava seuraus on kuvan 2 3x3-riskimatriisin mukaan yhtä suuri riski kuin todennäköinen vähäinen seuraus. Jos työssä olisi ollut käytössä 3x3-riskimatriisin sijasta esimerkiksi 5x5-riskimatriisi, riskien luokittelussa olisi ollut enemmän riskin seurausta ja todennäköisyysvaihtoehtoja valittavana. Tällöin riskin suuruudelle olisi ollut enemmän vaihtoehtoja. Seuraus- ja todennäköisyysvaihtoehtojen lisääminen olisi voinut vaikuttaa riskin suuruudesta määräytyvään riskiluokkaan. Riski olisi useampien vaihtoehtojen takia esimerkiksi voinut jäädä nykyistä riskiluokkaa alempaan riskiluokkaan. Työssä usea riski sai riskien suuruuden määrittelyssä riskiluokakseen merkittävä riski. Työn riskimatriisin mukaan riski on merkittävä, jos se on joko mahdollinen vakava seuraus tai todennäköinen haitallinen seuraus. Laitteiden käyttöhistoriassa ei kuitenkaan ole yhtään haitallista tai vakavaa tapaturmaa. Pahimman mahdollisen seurauksen ja tapahtuman todennäköisyyden (ei pahimman seurauksen todennäköisyyden) valitseminen sekä 3x3-riskimatriisin käyttö johtavat riskiluokaltaan suuriin riskeihin. Tämä kuitenkin mahdollistaa sen, että suurimmat riskit erottuvat selvästi.

Työtä tehdessä on opittu paljon tarkasteltujen liikuntateknologian laitteiden turvallisuudesta. Merkittävin asia on itse laitteissa ja niiden käytössä olevat riskit. Kun riskit tiedetään, ne voidaan tiedostaa jokapäiväisessä toiminnassa. Riskianalyysissä on selvitetty laitteiden nykyiset turvatoimet. Työssä on myös kerrottu, miltä vaaralta nykyiset turvatoimet suojaavat. Riskien pienentämiseksi on kehitetty parannusehdotuksia. Parannusehdotuksilla voidaan välttää turhilta loukkaantumisilta ja toimia paremmin äkillisissä hengenvaaratilanteissa. Merkittävämpiä parannusehdotuksia ovat suojien asentaminen suksen liikituslaitteeseen ja sauvamittauslaitteeseen, turvavaljaiden kattokiinnityksen lujentaminen, hätäseiskeytkimen lisääminen liikkuvaan voimalevyyn, jalkavoimapenkin kelkan esteiden lisääminen sekä defibrillaattorin hankkiminen. Työstä saatuja tuloksia voi yleistää muillekin testipaikoille ja muihin testilaitteisiin. Samankaltaisia liikuntateknologian laitteita on käytössä muuallakin. Vaikka testilaitte olisi erilainen, kun tässä työssä olevat laitteet, työn tuloksia voi kuitenkin hyödyntää niissäkin laitteissa, sillä työssä löydettyjä vaaroja ja riskejä esiintyy varmasti muissakin liikuntateknologian laitteissa.

Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen Vuokatin liikuntateknologian yksikön kannalta työn tulokset ovat hyödyllisiä. Riskianalyysissä selvitetty riskit ovat nyt yksikön tiedossa, ja ne on koottu yhteen dokumenttiin. Dokumentti on turvallisuusohje nykyisille sekä uusille liikuntateknologian laitteiden käyttäjille. Tuloksissa esitettyjä parannusehdotuksia kannattaa toteuttaa liikuntateknologian laitteisiin. Uudet parannusehdotukset lisäävät merkittävästi laitteiden käytön turvallisuutta. Lisäksi ne ovat melko edullisia toteuttaa.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Jyväskylän yliopiston Vuokatin liikuntateknologian yksiköllä on käytössään useita liikuntateknologian laitteita. Työhön valitut laitteet ovat tasapainomittauksiin käytettävä liikkuva voimalevy, voimamittauksiin käytettävät kolme voimapenkkiä, sähköstimulaattori, suksen liikutuslaite sekä sauvan mittaukseen käytettävä sauvamittauslaite. Osassa laitteita testattavana on ihminen ja osalla laitteista testataan vain välineitä. Työssä selvitetään ja parannetaan näiden laitteiden turvallisuutta.

Tulokset osiossa on kerrottu laite kerrallaan kaikki ei-hyväksyttävälle tasolle jääneet riskit. Merkittävimmät ei-hyväksyttävät riskit ovat tasapainotesteissä horjahtaminen/kaatuminen, turvavaljaiden kattokiinnitys, äkillinen komplikaatio, jalkavoimapenkin kiskon alle puristuminen, väärän alueen tai riskihenkilön stimuloiminen, melu, suksen liikutuslaitteen ladulle meneminen/kurkottelu sekä sauvamittauksissa mahdollinen lentävä sauva tai sauvan osat. Näiden riskien hyväksyttävälle tasolle saaminen vaatii lisää turvatoimia, jotka on esitetty parannusehdotuksina.

Rombergin ja toiminnallisen tasapainotestin horjahtamisen/kaatumisen seurauksia saadaan vähennettyä tekemällä testit väljemmässä tilassa, jolloin horjahtaessa/kaatuessa testattava ei ensin osu johonkin kovaan esineeseen, esimerkiksi pöytään. Lisäksi testistä riippuen voimalevyn tai tasapainolaudan ympärillä voisi olla jumppamatot pehmentämässä mahdollista kaatumista. Nykyinen turvavaljaiden kattokiinnitys ei ole lujuudeltaan riittävä. Äänieristyslevy turvavaljaiden kiinnityskiskon alta tulisi poistaa ja kiinnittää kattokisko lujemmin suoraan kattoon. Kattokiinnitys pitäisi myös säännöllisesti tarkistaa, jotta huomataan mahdollinen kiinnityksen löystyminen. Äkillisen komplikaation seurausten pienentämiseksi testitilaan pitää hankkia defibrillaattori ja ensiapulääkkeet. Tärkeää on myös muistaa laitteiden käyttäjien säännöllinen ensiapukoulutus. Jalkavoimapenkin puristumisriskin poistamiseksi jalkavoimapenkin kiskoja alaosaan tulisi lisätä esteet estämään kelkan liike aivan laitteen alaosaan saakka. Jos kelkka pääsisi tippumaan, esteet pysäyttäisivät kelkan ja testattavan jaloille jäisi tilaa.

Väärän alueen tai riskihenkilön stimuloimisen estämiseksi sähköstimulaattoriin tai sähköstimulaattorin säilytyslaatikon kanteen tulee lisätä selkeä varoituskylltti, jossa vielä muistutetaan vaarallisista stimulointialueista ja riskiryhmään kuuluvista henkilöistä. Sähköstimulaattorin käyttäjät on myös tärkeä kouluttaa laitteen käyttöön. Suksen liikutuslaitteen kylmäkontissa kuuluvan melun haittojen pienentämiseksi konttiin kannattaa hankkia lisää kuulosuojaimia, jotta kaikille testaajille ja mahdolliselle yleisölle riittää suojaimet. Suksen liikutuslaitteen ladulle menemisen ja kurkottelun estämiseksi laitteeseen tulisi lisätä sivuttaistukia tai kiinnittää nykyisiin tukiin metallinen suojaverkko.

Lentävien sauvojen tai sauvan palojen estämiseksi sauvamittauslaitteeseen pitäisi lisätä avattava metallinen suojaverkko laitteen sivuille. Tällöin laite toimisi häkissä ja testaaja sekä mahdollinen yleisö välttyisivät lentävien palojen/sauvan aiheuttamilta loukkaantumisilta. Sauvatestauksessa pitäisi myös käyttää suojalaseja, jolloin silmät olisivat suojassa lentäviltä sauvan palasilta/sauvoilta. Kylmäkonttiin sekä sauvatestaustilaan tulisi lisätä ensiapuvälineet mahdollisten loukkaantumisten varalle.

Työstä saatujen tuloksien soveltamista on pyritty helpottamaan kertomalla parannusehdotukset jokaiselle laitteelle selkeästi erikseen. Parannusehdotukset ovat melko yksinkertaisia toteutettaviksi eikä niistä aiheudu suuria kustannuksia. Jokaiselle laitteelle on työssä oma alaluku. Kaikille laitteille on erikseen listattu vaarat, jotka on hyvä tiedostaa laitetta käytettäessä. Vaarojen selvittämisen lisäksi on myös jokaiselle laitteelle selvitetty nykyiset turvatoimet sekä määritetty riskien hyväksyttävyys.

Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen Vuokatin liikuntateknologian yksikön kannattaa seuraavaksi toteuttaa työssä esiteltyjä parannusehdotuksia sekä tiedottaa liikuntateknologian laitteiden käyttäjiä laitteiden riskeistä. Yksikön pitää myös muistaa toiminnassaan turvallisuuden jatkuva parantaminen. Riskien analysoiminen on jatkuvaa toimintaa turvallisuuden takaamiseksi. Työssä olevien liikuntateknologian laitteiden turvallisuutta kannattaa arvioida uudelleen säännöllisin väliajoin. Uusissa riskianalyysissä selviää, onko edellisen riskianalyysin suosittamat lisäturvatoimet tehty. Lisäksi riskianalyysillä voidaan löytää uusia riskejä laitteista ja niiden käytöstä. Turvallisuus ja riskien analysointi tulisi muistaa myös, jos yksikköön tulee uusia liikuntateknologian laitteita. Uusille liikuntateknologian laitteille täytyy myös tehdä riskianalyysi.

LÄHTEET

Azman, A.M. Naeem, J. & Mustafah, Y.M. (2012). The design of non-invasive functional electrical stimulation (FES) for restoration of muscle function. Computer and Communication Engineering (ICCCE), International Conference. [<http://ieeexplore.ieee.org.libproxy.tut.fi/xpls/icp.jsp?arnumber=6271260>] Luettu 24.1.2016

Camp Safety. (2016). Ropes. Camp Safety. [<http://www.camp.it/EN/template03.aspx?codicemenu=616>] Luettu 20.2.2016

Cefar Medical AB. (2016). Users guide cefar myo xt. Cefar-Compex Skandinavia AB. [http://www.cefarse.com/documents/products/CEFAR_XT_manual_eng.pdf] Luettu 24.1.2016

Compex. (2015). Warnings and cautions. Compex. [<http://www.shopcompex.com/user-manual/warnings>] Luettu 23.1.2016

Condor Benelux. (2016). Pressure switch MDR 2. Condor Benelux. [http://www.condor-benelux.nl/nederlands/druktechniek/drukschakelaars_wissel/mdr2/info_mdr2.pdf/mdr2_2013_gb.pdf] Luettu 29.2.2016

Cox, L.A.T. (2008). What's Wrong with Risk Matrices?. Risk Analysis 28(2):497-512 May 2008. [https://www.researchgate.net/profile/Louis_Cox/publication/5432360_What's_Wrong_with_Risk_Matrices/links/55582a5408ae980ca60e2e8e.pdf/download?version=vs] Luettu 11.5.2016

Euroopan komissio. (2011). CE-merkintä: tuote vastaa vaatimuksia. [http://ec.europa.eu/finland/news/press/101/10779_fi.htm] Luettu 22.12.2015

Euroopan Neuvosto. (1993). Direktiivi 93/42/ETY Lääkinnälliset laitteet. [<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993L0042&from=FI>] Luettu 24.1.2016

Euroopan Parlamentti ja Neuvosto A. (2001). Yleinen tuoteturvallisuusedirektiivi 2001/95/EY. [<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32001L0095>] Luettu 30.3.2016

Euroopan Parlamentti ja Neuvosto B. (2014). Painelaitedirektiivi 2014/68/EU. [<http://eur-lex.europa.eu/legal->

content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&qid=1425560009084&from=FI]. Luettu 21.1.2016

Euroopan Parlamentti ja Neuvosto C. (2014). Yksinkertaisten painesäiliöiden direktiivi 2014/29/EU. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0029&qid=1425889448513&from=FI] Luettu 21.1.2016

Haatainen, T. & Andersin, T. (2006). Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 85/2006. Finlex. [http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060085] Luettu 22.12.2015

Hilti. (2015). HST Kiila-ankkuri. Hilti. [https://www.hilti.fi/medias/sys_master/documents/h7a/9107582812190/HST_-_FTM_ankkurointikasikirjan_sivut_Test_Report_ASSET_DOC_LOC_2413275.pdf] Luettu 20.02.2016

Hughes, E. & Bell, A. (2007). A wireless surface electromyography system. SoutheastCon. [http://ieeexplore.ieee.org.libproxy.tut.fi/xpls/icp.jsp?arnumber=4147426&tag=1] Luettu 20.1.2016

Kaskivirta, V. (2010). Elektromyografia (EMG). Jyväskylän yliopisto. [http://users.jyu.fi/~peltsi/ali/opetus/hyvotek/LBIA020_raportit.htm] Luettu 20.1.2016

Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (2004). Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen Seura ry.

Kivistö-Rahnasto, J. & Vuori, M. (2000). Tuotteen turvallisuuden varmistamisen työkalupakki. VTT Teknologian tutkimuskeskus. [http://docplayer.fi/805196-Tuotteen-turvallisuuden-varmistamisen-tyokalupakki.html] Luettu 22.12.2015

Kuluttajaturvallisuuslaki 22.7.2011/920. [https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110920] Luettu 20.12.2015

LTS ry. (2010). Kuntotestauksen hyvät käytännöt. Liikuntatieteellinen Seura LTS ry. [http://www.lts.fi/sites/default/files/page_attachment/1012_kuntotestauksen_hyvät_kaytannot_0.pdf] Luettu 22.12.2015

Lu, F. Bi, H. Sun, F. & Yu, C. (2014). Risk evaluation of IT outsourcing using Risk-matrix. Intelligent Control and Automation (WCICA), 2014 11th World Congress. [http://ieeexplore.ieee.org.libproxy.tut.fi/xpls/icp.jsp?arnumber=7052781] Luettu 10.1.2016

Mandrile, F. Farina, D. Pozzo. M. & Merletti, R. (2003). Stimulation Artifact in Surface EMG Signal: Effect of the Stimulation Waveform, Detection System, and Current Amplitude Using Hybrid Stimulation Technique. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, vol. 11, no. 4. [http://ieeexplore.ieee.org.libproxy.tut.fi/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1261752] Luettu 18.12.2015

McNulty, M.J. & Fogarty, P. (2006). Design of a highly efficient circuit for electrical muscle stimulation. *Biomedical Circuits and Systems Conference, BioCAS*. [http://ieeexplore.ieee.org.libproxy.tut.fi/xpls/icp.jsp?arnumber=4600343]. Luettu 24.1.2016

Merril, D.R. Bikson, M. & Jefferys, J.G.R. (2005). Electrical stimulation of excitable tissue: design of efficacious and safe protocols. *Journal of Neuroscience Methods*, Volume 141. Issue 2. Pages 171-198. [http://www.sciencedirect.com.libproxy.tut.fi/science/article/pii/S0165027004003826] Luettu 20.1.2016

OSHA. (2016). Dangers of Compressed Air. *Occupational Safety and Health Administration OSHA*. [http://www.aircontrolindustries.com/dangers-of-compressed-air/] luettu 25.1.2016

Painelaitelaki 27.8.1999/869. [http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990869]. Luettu 20.1.2016

Piirainen, J. (2014). Neuromuscular function and balance control in young and elderly subjects: effects of explosive strength training. *Jyväskylän yliopisto*. [https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/43486/978-951-39-5703-2_vaitos07062014.pdf?sequence=1] Luettu 16.5.2016

Pöyhönen, I. & Kylmälä, K. (2004). Terveysthuollon laadunhallinta, Lääkintälaittejärjestelmien turvallisuus. Lääkelaitos. [https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/LH-2004-1_laakintalaittejarjestelmat.pdf] Luettu 29.3.2016

SFS-EN 764-7. (2002). Painelaitteet. Osa 7. Lämmittämättömien painelaitteiden turvajärjestelmät. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy. s 67. [https://online-sfs-fi.libproxy.tut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/7/10895.html.stx] Luettu 19.1.2016

SFS-EN 60335-1. (2013). Kotitalouksiin ja vastaaviin käyttöihin tarkoitettut sähkölaitteet. Turvallisuus. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy. s 167. [https://online-sfs-fi.libproxy.tut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENELEC/ID2/6/235581.html.stx]. Luettu 5.1.2016

SFS-EN 31010. (2013). Riskien hallinta. Riskien arviointimenetelmät. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy. s 165. [<https://online-sfs-fi.libproxy.tut.fi/fi/index/tuotteet/SFSSahko/CENELEC/ID2/3/237795.html.stx>] Luettu 29.3.2016

SFS-EN ISO 12100. (2010). Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy. s 172. [<https://online-sfs-fi.libproxy.tut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/164706.html.stx>] Luettu 29.3.2016

SFS-IEC 60300-3-9. (2000). Luotettavuusjohtaminen osa 3: Käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy. s 47. [<https://online-sfs-fi.libproxy.tut.fi/fi/index/tuotteet/SFSSahko/IEC/ID2/6/14949.html.stx>] Luettu 29.3.2016

SFS-ISO 31000. (2011). Riskienhallinta. Periaatteet ja ohjeet. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy. s 52. [<https://online-sfs-fi.libproxy.tut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/3/164783.html.stx>] Luettu 29.3.2016

Silentaire. (2005). Compressori silenziosi automatici, automatic silent compressors. Silentaire Technology. [[http://www.silentaire.com/silentaire/images/pdfs/050215_SaA_MAN_I-GB\(silentaire\)_R2.pdf](http://www.silentaire.com/silentaire/images/pdfs/050215_SaA_MAN_I-GB(silentaire)_R2.pdf)] Luettu 20.2.2016

SRHY. (2012). Riskienhallintaprosessi. Suomen Riskienhallintayhdistys. [<http://www.pk-rh.fi/index.php?page=riskienhallintaprosessi>] Luettu 29.3.2016

Thomas, P. Bratvold, R.B. & Bickel, J.E. (2014). The Risk of Using Risk Matrices. SPE Economics & Management April 2014. [<http://www.reidar-bratvold.com/wp-content/uploads/The-Risk-of-Using-Risk-Matrices1.pdf>] Luettu 11.5.2016

TKK Työturvallisuuskeskus. (2015). Vaaratekijöiden tunnistaminen ja riskien arviointi. Työturvallisuuskeskus. [<http://www.ttk.fi/riskienarviointi>] Luettu 22.12.2015

Turvatekniikan keskus. (2004). Painelaitteiden kunnossapito. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. [http://www.tukes.fi/tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_oppaat/painelaite-kunnossapito-opas.pdf] Luettu 15.1.2016

Työsuojeluhallinto. (2015). Melu. Työsuojeluhallinto. [<http://www.tyosuojelu.fi/fi/melu>] Luettu 22.12.2015

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.

[<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>] Luettu 20.12.2015

Uusitalo, A. Sovijärvi, A. Länsimies, E. & Vuori, I. (1987). Kliinisen fysiologian oppikirja. Lääketehtäas Orion. S.277-280

Würth. (2014). Ankkurointitekniikat. Würth.
[http://www.wurth.fi/site/media/suunnittelijaosio/Kiinnitystarvike_esite.pdf] Luettu 20.2.2016

Zhao, H. & Hu, G. (2011). The research on surface electromyography signal effective feature extraction. Strategic Technology (IFOST).
[<http://ieeexplore.ieee.org.libproxy.tut.fi/xpls/icp.jsp?arnumber=6021234>] Luettu 20.1.2016

Zhao, N. Zhao, T. & Tian, J. (2009). Reliability Centered Preliminary Hazard Analysis. Reliability and Maintainability Symposium, 2009. RAMS 2009. Annual.
[<http://ieeexplore.ieee.org.libproxy.tut.fi/xpls/icp.jsp?arnumber=4914669>] Luettu 10.1.2016

LIITE A: LUJUUSLASKUJA

Turvavaljaiden lujuus:

Oletus: kaatuva henkilö $m=100\text{kg}$. Putoaa $h=30\text{cm}$, jonka jälkeen hän pysähtyy turvaköyden varaan ja köysi antaa periksi $s=2\text{cm}$.

Lasketaan voima, joka kohdistuu turvaköyteen tuossa tilanteessa.

$$E_{\text{liike}} = E_{\text{potentiaali}} = W_{\text{jarrutus}}$$

$E_{\text{potentiaali}} = mgh$, jossa m on massa, g on putoamiskiihtyvyys ja h on korkeus.

$W_{\text{jarrutus}} = Fs$, jossa F on köyteen kohdistuva jarrutusvoima ja s on jarrutusmatka.

$$F = \frac{mgh}{s} = \frac{100\text{kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,3\text{m}}{0,02\text{m}} = 14715 \text{ N} \approx 1470\text{kg}$$

Jos jarrutusmatka muuttuu, myös köyteen kohdistuva voima muuttuu:

- jarrutusmatka $s = 0,01\text{m}$ -> köysivoima noin 2940 kg
- jarrutusmatka $s = 0,1\text{m}$ -> köysivoima noin 290 kg

Kattokiinnitys (Würth, 2014):

Kattokisko kiinni 11 kpl betoniruuveja (M10). Kuorma ei jakaudu tasaisesti kaikille ruuveille. Mitoitukseen valitaan pahin mahdollinen kuormitustilanne: turvaköyden kiinnityskohdan viereiset kaksi betoniruuvia joutuvat kantamaan koko kuorman.

Katon materiaali halkeilematon betoni.

Zn teräs -> yhden ruuvin sallittu kuorma 4,8 kN -> 2 betoniruvun sallittu kuorma 9,6 kN (noin 960 kg)

Lisäksi kattokiskon ja katon välissä on äänieristyslevy, joka heikentää kiinnitystä.

Turvavaljaiden kiinnityskohta kattokiskoon (Hilti 2015): kiskossa poikittain M12 pultti -> HST hiiliteräs -> pultin leikkauslujuus 28 kN -> 2800kg

Esimerkki lujemmasta kiinnityksestä: Ankkuripultti M12. HST hiiliteräs -> yhden ankkuripultin sallittu kuorma 9,1 kN (jos kiinnityksessä on käytössä kaksi ankkuripulttia) -> kahden ankkuripultin sallittu kuorma 18,2 kN (eli noin 1820 kilogrammaa).

LIITE B: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI TASAPAINOMITTAUKSET

Taulukossa 7 on esitetty alustavan vaara-analyysin tulokset tasapainomittauksille. Taulukkoon on kerätty tasapainomittauksen aiheuttamat vaarat sekä niiden aiheuttamat mahdolliset seuraukset. Lisäksi taulukossa on listattuna nykyiset varautumiskeinot sekä laskettu jokaisen vaaran aiheuttama riski nykyiset varautumiskeinot huomioituina, merkitty täytyykö riskin pienentämiseksi tehdä jotain nykyisten varautumiskeinojen lisäksi sekä esitetty riskin pienentämiseksi keksityt parannusehdotukset. Riski -sarakeeseen on myös laskettu suluissa kunkin riskin suuruus, jos nykyisiä varautumiskeinoja ei olisi. Taulukossa riski on määritetty seurauksen s ja todennäköisyyden t summana.

Taulukko 7 Alustava vaara-analyysitaulukko tasapainomittauksille

Vaara	Mahdolliset seuraukset	Nykyinen varautuminen	Riski =s+t	Täytyykö tehdä jotain?	Parannusehdotukset
Kaatuminen/horjahtaminen	Voimalevyltä putoaminen, murtuma, ruhje, päähän kohdistuva isku, kuolema	Turvavaljaat	2+1=3 (2+3=5)	Kyllä	Väljä tila -> ei tavaraa lähellä, hätäseiskeytkin
Voimalevyltä putoaminen	Murtuma, ruhje, päähän kohdistuva isku, kuolema	Turvavaljaat	2+1=3 (2+3=5)	Kyllä	Väljä tila -> ei tavaraa lähellä, hätäseiskeytkin
Kehon osan puristuminen liikkuvan voimalevyn väliin	Ruhje, murtuma	-	2+2=4 (2+2=4)	Kyllä	Hätäseiskeytkin, suojalevy liikkuvan voimalevyn alle -> estäisi putoamisen voimalevyn alle
Sähköisku	Palovamma, kuolema	Suojattu CE-merkitty sähkömoottori	2+1=3 (2+2=4)	Ei	Säännöllinen kunnossapito ja huolto
Turvavaljaiden/ kattokiin-	Voimalevyltä putoaminen -	Kattokisko kiinni katossa 11	3+2=5	Kyllä	Äänieristyslevy pois kiskon alta ->

nityksen pettämisen	> murtuma, päähän kohdistuva isku, ruhje, kuolema	ruuvilla, turvaljaat kiinni poikittain kiskossa olevassa pultissa pikaluokollisella sulkurenkaalla, turvaköysi kiipeilyköyttä, CE-merkityt valjaat, Camp Safety merkkiset	(3+2=5)		silloin kisko olisi suoraan kiinni betonikatossa; lujempi kiinnitys, kiinnityksen säännöllinen tarkistaminen
Turvavaljaista tippuminen	Voimalevyllä putoaminen - > murtuma, päähän kohdistuva isku, ruhje, kuolema	Valjaiden kiristämisen käyttäjän mukaan, myös jalat puetaan valjaisiin - > valjaat kulkevat haaruksista, CE-merkityt valjaat	2+1=3 (2+2=4)	Ei	-
Pieni loukkaantuminen esim. lihasrevähdys, lihaskramppi, nyrjähdys	Lihaksen toimintakyvyn heikkeneminen, nivelsiteiden vauriot	Ohjeet ennen testiä; kevyt alkuverryttely, ensiapuvälineet, ensiapuohjeet, kylmäpusseja	1+1=2 (1+2=3)	Ei	-
Testaajan/ulkopuolisen henkilön joutuminen liikkuvan voimalevyn tielle	Ruhje, murtuma	-	2+2=4 (2+2=4)	Kyllä	Varoalueen teipaus lattiaan -> huomataan testilaitte ja liikkuva voimalevy
Rombergin testi: horjattaminen/kaatuminen	Ruhje, murtuma, päähän kohdistuva isku, lihasrevähdys	Ensiapuvälineet, ensiapuohjeet, kylmäpakkaus	2+2=4 (2+2=4)	Kyllä	Testin tekeminen väljässä tilassa -> horjattaessa/kaatuessa ei osuisi mihinkään esineeseen esim. pöytään, pehmuste
Rombergin	Lihaksen toi-	Ohjeet ennen	1+1=2	Ei	-

testi: pieni loukkaantumisen esim. lihasrevähdyks, lihaskramppi, nyrjähdys	mintakyvyn heikkenemisen, nivelsiteiden vauriot	testiä; kevyt alkuverryttely, ensiapuvälineet, ensiapuohjeet, kylmäpakkaus	(1+2=3)		
Toiminnallinen tasapainotesti: horjattaminen/ kaatuminen	Ruhje, murtuma, päähän kohdistuva isku, lihasrevähdyks	Ensiapuvälineet, ensiapuohjeet, kylmäpakkaus	2+2=4 (2+2=4)	Kyllä	Testin tekeminen väljemmässä tilassa -> horjattaessa/kaatuessa ei osuisi mihinkään esineeseen esim. pöytään, pehmuste
Toiminnallinen tasapainotesti: Pieni loukkaantumisen esim. nilkan nyrjähdys, lihaskramppi, lihasrevähdyks	Lihaksen toimintakyvyn heikkenemisen, nivelsiteiden vauriot	Ohjeet ennen testiä; kevyt alkuverryttely, ensiapuvälineet, ensiapuohjeet, kylmäpakkaus	1+1=2 (1+2=3)	Ei	-
EMG-anturin kiinnitys testattavaan -> ihon hiominen hiomapaperilla	Ihon punoitus, kirvely, rikkoutuminen, bakteerit/virukset	Iho puhdistetaan hiomisen jälkeen desinfiointiaineella	1+1=2 (1+2=3)	Ei	-
EMG-anturin kiinnittäminen testaajan kannalta: testattavan ihon hiominen hiomapaperilla	Verestä tarttuvat taudit	Kertakäyttöiset suojahanskat, desinfektioaine, käsienvesipiste	2+1=3 (2+2=4)	Ei	Muistettava suojahanskojen käyttö
EMG-anturin kiinnittämiseen käytetyt hiomapaperit ja puhdistuspaperit	Verestä tarttuvat taudit	Roskakori, tarttunutta vaaralliselle jätteelle oma keräysastia	2+1=3 (2+2=4)	Ei	Kyseisten roskien hävitys suoraan oikeaan paikkaan

LIITE C: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI VOIMAMITTAUKSET

Taulukossa 8 on esitetty alustavan vaara-analyysin tulokset voimamittauksille. Taulukkoon on kerätty voimamittauksen aiheuttamat vaarat sekä niiden aiheuttamat mahdolliset seuraukset. Lisäksi taulukossa on listattuna nykyiset varautumiskeinot sekä laskettu jokaisen vaaran aiheuttama riski nykyiset varautumiskeinot huomioituina, merkitty täytyykö riskin pienentämiseksi tehdä jotain nykyisten varautumiskeinojen lisäksi sekä esitetty riskin pienentämiseksi keksityt parannusehdotukset. Riski -sarakeeseen on myös laskettu suluissa kunkin riskin suuruus, jos nykyisiä varautumiskeinoja ei olisi. Taulukossa riski on määritetty seurauksen s ja todennäköisyyden t summana.

Taulukko 8 Alustava vaara-analyysitaulukko voimamittauksille

Vaara	Mahdolliset seuraukset	Nykyinen varautuminen	Riski =s+t	Täytyykö tehdä jotain?	Parannusehdotukset
Loukkaantuminen	Lihasevähdys, lihaskramppi, lihasvenähdys	Lyhyt alkuverryttely (noin 5 min), ensiapuvälineet, ensiapuohjeet, kylmäpakkaus	2+1=3 (2+2=4)	Kyllä	Riittävän pitkä alkuverryttely
Äkillinen komplikaatio	Verenpaineen heilahtelu, pyörtyminen, sydänpysähdys, hengenvaara, kuolema	Riskikartoitus ennen testiä, ensiapuvälineet, ensiapuohjeet	3+1=4 (3+2=5)	Kyllä	Defibrillaattori, ensiapulääkkeet, ea-koulutus
EMG-anturin kiinnitys testattavaan -> ihon hiominen hiomapaperilla	Ihon punoitus, kirvely, rikkoutuminen, bakteerit/virukset	Iho puhdistetaan hiomisen jälkeen desinfiointiaineella	1+1=2 (1+2=3)	Ei	-
EMG-anturin kiinnittäminen testaajan kanalta: testattavan ihon hiominen	Verestä tarttuvat taudit	Kertakäyttöiset suojahanskat, desinfektioaine, käsienpesupiste	2+1=3 (2+2=4)	Ei	Muistettava suojahanskojen käyttö

nen hiomapaperilla					
EMG-anturin kiinnittämiseen käytetyt hiomapaperit ja puhdistuspaperit	Verestä tarttuvat taudit	Roskakori, tartuntavaaralliselle jätteelle oma keräysastia	2+1=3 (2+2=4)	Ei	Kyseisten roskien hävitys suoraan oikeaan paikkaan
Voimapenkistä tippuminen	Ruhje, murtuma	Turvavyöt	1+1=2 (1+2=3)	Ei	-
Jalkavoimapenkki, puristuminen kelkan alle	Murtuma, jalan katkeaminen	-	3+2=5 (3+2=5)	Kyllä	Esteet laitteen alaosassa kiskoissa -> kelkka ei päässi alas asti, joten jaloille jäisi tilaa, vaikka kelkka tulisi voimallaan alas

LIITE D: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI SÄHKÖSTIMULAATIO

Taulukossa 9 on esitetty alustavan vaara-analyysin tulokset sähköstimulaatiolle. Taulukkoon on kerätty sähköstimulaation aiheuttamat vaarat sekä niiden aiheuttamat mahdolliset seuraukset. Lisäksi taulukossa on listattuna nykyiset varautumiskeinot sekä laskettu jokaisen vaaran aiheuttama riski nykyiset varautumiskeinot huomioituina, merkitty täytyykö riskin pienentämiseksi tehdä jotain nykyisten varautumiskeinojen lisäksi sekä esitetty riskin pienentämiseksi keksityt parannusehdotukset. Riski -sarakeeseen on myös laskettu suluissa kunkin riskin suuruus, jos nykyisiä varautumiskeinoja ei olisi. Taulukossa riski on määritetty seurauksen s ja todennäköisyyden t summana.

Taulukko 9 Alustava vaara-analyysitaulukko sähköstimulaatiolle

Vaara	Mahdolliset seuraukset	Nykyinen varautuminen	Riski =s+t	Täytyykö tehdä jotain?	Parannusehdotukset
Sähköisku	Palovamma, kuolema	CE-merkitty laite, suojat paikoillaan	2+1=3 (2+2=4)	Ei	Säännöllinen kunnossapito ja huolto
Käyttö kenttäolosuhteissa	Sähköisku, vaihteleva verkkovirta -> vaihtelevat stimuloitintarvot	Suojaerotusmuuntaja, kannettava ensiapureppu	1+1=2 (1+2=3)	Ei	-
Äkillinen komplikaatio	Sydän peräiset ongelmat, hengenvaara, kuolema	Riskikartoitus ennen testiä, ensiapuohjeet	3+2=5 (3+2=5)	Kyllä	Defibrillaattori, ensiapulääkkeet, ea-koulutus
Elektrodit kiinni väärissä paikoissa	Kipu, väärä stimulaatio	Ensiapuvälineet, ensiapuohjeet, kylmäpakkaus	1+1=2 (1+1=2)	Ei	Käyttäjien koulutus
Liian suuri stimuloitava impulssi	Kipu, revähdys	Ensiapuvälineet, ensiapuohjeet, kylmäpakkaus, aloitetaan stimu-	1+1=2 (1+2=	Ei	Säädöt nolnaan käytön jälkeen, aloitus pienillä impulsseilla ->

		laatio pienillä impulsseilla, rajoitettu pulssin kesto ja maksimijännite	3)		testattavilla eri tuntemukset keskenään
Pään, silmien, rintakehän, selkärangan tai kaulavaltimon alueen stimulointi	Komplikaatioita, kuolema, aivojen toimintahäiriöt, näön häiriöt, vaikutukset verenpaineeseen	Kielletty, stimuloidaan vain raajoja	3+1=4 (3+2=5)	Kyllä	Laitteessa/ laitteen laatikossa voisi olla varoitusmerkintä varmistamaan kielletyt stimulointi kohteet, käyttäjien koulutus
Epileptikon, sydänpotilaan tai raskaana olevan stimulointi	Epileptinen kohtaus, sydänoireet, kuolema, sikiölle haitaksi	Sairauksien ym. selvittäminen ennen sähköstimulaatiota -> ei stimuloida näitä henkilöitä	3+1=4 (3+2=5)	Kyllä	Laitteessa/ laitteen laatikossa voisi olla varoitusmerkintä varmistamaan kielletyt stimulointi kohteet, käyttäjien koulutus
Liian pieni elektrodi ja liian suuri impulssi	Palovamma	Käytetään tarpeeksi isoja elektrodeja	1+1=2 (1+2=3)	Ei	-

LIITE E: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI SUKSEN LIIKUTUSLAITTE

Taulukossa 10 on esitetty alustavan vaara-analyysin tulokset suksen liikutuslaitteelle. Taulukkoon on kerätty suksen liikutuslaitteen aiheuttamat vaarat sekä niiden aiheuttamat mahdolliset seuraukset. Lisäksi taulukossa on listattuna nykyiset varautumiskeinot sekä laskettu jokaisen vaaran aiheuttama riski nykyiset varautumiskeinot huomioituina, merkitty täytyykö riskin pienentämiseksi tehdä jotain nykyisten varautumiskeinojen lisäksi sekä esitetty riskin pienentämiseksi keksityt parannusehdotukset. Riskisarakkeeseen on myös laskettu suluissa kunkin riskin suuruus, jos nykyisiä varautumiskeinoja ei olisi. Taulukossa riski on määritetty seurauksen s ja todennäköisyyden t summana.

Taulukko 10 Alustava vaara-analyysitaulukko suksen liikutukseen

Vaara	Mahdolliset seuraukset	Nykyinen varautuminen	Riski =s+t	Täytyykö tehdä jotain?	Parannusehdotukset
Melu	Kuulovaurio, häiritsevä ääni	Yhdet kuulosuojaimet	3+1=4 (3+2=5)	Kyllä	Kuulosuojaimia lisää -> jos enemmän testaajia/katsojia
Ladulle meneminen testin aikana	Suksi ja liikutusosa osuvat ihmiseen -> Ruhje, murtuma, päähän kohdistuva isku, kuolema	Muutamia sivuttaisia tukia, joiden kohdalta ei pääse ladulle	3+2=5 (3+2=5)	Kyllä	Lisää sivuttaisesteitä tai metalliverkko estämään ladulle meneminen/ ladulle kurottelu
Suksen / siteen irtoaminen	Irronnut suksi iskeytyy kompressoriin/ henkilöön laitteen takana	-	2+2=4 (2+2=4)	Kyllä	Säännöllinen siteiden kiristys, laitteen toimissa ei ihmisiä laitteen taakse
Puristuminen laitteen väliin suksen kiinnityskohdassa	Ruhje, murtuma	-	2+2=4 (2+2=4)	Kyllä	Ensiapuvälineet, kylmäpakkaus, suksen vaihto/kiinnittäminen -> silloin ei tietokoneella laitteen ohjaa-

					jaa/ käynnistäjää
Paineilman käyttö	Paineilmaa elimistöön -> hengenvaara, verisuonien tukkeutuminen, keuhkovaurio, mahan ja suoliston vauriot, tajuttomuus, halvaus, kuolema	Pois kytketty paineettomaksi, kun ei käytössä; CE-merkitty kompressor	1+1=2 (1+2=3)	Ei	Säännöllinen huolto ja kunnossapito
Paineellisten letkujen hajoaminen	Paineilmaa elimistöön -> hengenvaara, verisuonien tukkeutuminen, keuhkovaurio, mahan ja suoliston vauriot, tajuttomuus, halvaus, kuolema	-	2+1=3 (2+1=3)	Kyllä	Säännöllinen huolto ja kunnossapito, vian ilmaantuessa ensin laitteen paineettomaksi ja virrattomaksi kytkentä
Liian suuri paine	Järjestelmä vaurio	Paineekytin rajoittamassa painetta, CE-merkitty	1+1=2 (1+2=3)	Ei	-
Kova tuuletus/viilennys	Lihasten jumiutuminen, vilustuminen	-	1+1=2 (1+1=2)	Ei	Lämmin pukeutuminen, turhan oleskelun välttäminen tuuletuksen alla
Pyörivään hihnaan osuminen	Haava, ruhje	-	1+2=3 (1+2=3)	Kyllä	Suojus hihnan eteen, jotta hihnaan ei voi horjahtaa
Lämpötila pakka-sella -> painelaitteiden toiminta kylmässä voi heikentyä	Laiterikko, paineilman vapautuminen väärästä paikasta -> voi joutua elimis-	Kompressorin valmistajan lupaama toimintalämpötila -10 - +40 Celsius-astetta, Paineekytin valmistaja-	2+2=4	Kyllä	Kompressorin sijoittaminen lämpimämmälle puolelle konttia, varsinkin jos suksia testataan paljon -5 Celsius-astetta kylmemmissä olois-

	töön	jan lupaama toimintalämpötila -5 - +80 Celsius-astetta, Laitteiden säilytys paineettomana	(2+3=5)		sa; laitteiden säännöllinen kunnossapito -> huomataan, jos ilmenee jäätymisongelmia/ pakkasen aiheuttamia ongelmia
--	------	---	---------	--	--

LIITE F: ALUSTAVA VAARA-ANALYYSI SAUVAMITTAUKSET

Taulukossa 11 on esitetty alustavan vaara-analyysin tulokset sauvamittauksille. Taulukkoon on kerätty sauvamittausten aiheuttamat vaarat sekä niiden aiheuttamat mahdolliset seuraukset. Lisäksi taulukossa on listattuna nykyiset varautumiskeinot sekä laskettu jokaisen vaaran aiheuttama riski nykyiset varautumiskeinot huomioon ottaen, merkitty täytyykö riskin pienentämiseksi tehdä jotain nykyisten varautumiskeinojen lisäksi sekä esitetty riskin pienentämiseksi keksityt parannusehdotukset. Riski -sarakeeseen on myös laskettu suluissa kunkin riskin suuruus, jos nykyisiä varautumiskeinoja ei olisi. Taulukossa riski on määritetty seurauksen s ja todennäköisyyden t summana.

Taulukko 11 Alustava vaara-analyysitaulukko sauvamittauksiin

Vaara	Mahdolliset seuraukset	Nykyinen varautuminen	Riski =s+t	Täytyykö tehdä jotain?	Parannusehdotukset
Katkeava sauva -> lentäviä sauvan paloja	Silmävaurio, ruhje, murtuma	-	2+3=5 (2+3 =5)	Kyllä	Avattava metallinen suojaverkko laitteen päälle/ sivuille sauvakokeen ajaksi -> pysäyttää lentävät osat, Ensiapuvälineet, kylmäpakkaus, suojalasit
Lentävä sauva	Silmävaurio, ruhje, murtuma	-	2+3=5 (2+3 =5)	Kyllä	Avattava metallinen suojaverkko laitteen päälle/ sivuille sauvakokeen ajaksi -> pysäyttää lentävän sauvan, ensiapuvälineet, kylmäpakkaus, suojalasit
Ulkopuolisen saapuminen paikalle	Lentävät sauvan palat / sauva voivat satuttaa	Lukollinen tila, mutta sen kautta kulku testiasemalle ja tilassa voidaan käyttää myös muita mittauslaitteita samaan	2+2=4 (2+2= 4)	Kyllä	Testauksen aikana varoituskyltti ovelle, ovi kiinni testien aikana, sauvatestien aikana ei muita testejä samassa tilassa

		aikaan			
Puristuminen sauvan ja laitteen väliin	Ruhje, mur- tuma	-	2+2=4 (2+2 =4)	Kyllä	Hätäseispainike
Sähköisku	Palovamma, kuolema	CE-merkitty sähkömoottori, suojat paikal- laan	2+1=3 (2+2 =4)	Ei	Säännöllinen kunnos- sapito/tarkistus